SCIENTIFIC GERMAN READER

DIPPOLD

A SCIENTIFIC GERMAN READER

EDITED WITH NOTES AND VOCABULARY

BY

GEORGE THEODORE DIPPOLD, PH.D.

LATE PROFESSOR OF MODERN LANGUAGES IN THE
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

REVISED EDITION

INTER-
NATIONAL
MODERN
LANGUAGE
SERIES

GINN AND COMPANY
BOSTON · NEW YORK · CHICAGO · LONDON
ATLANTA · DALLAS · COLUMBUS · SAN FRANCISCO

321.3

The Athenæum Press
GINN AND COMPANY · PROPRIETORS · BOSTON · U.S.A.

PREFACE TO FIRST EDITION.

The student who is about to use this Reader is supposed to have acquired a thorough theoretical and practical knowledge of the main principles of German grammar. Therefore no attempt has been made to explain the forms of declension, conjugation, construction, etc. Still, in the case of long or intricate sentences the Notes will prove of some assistance to the learner. It has not seemed necessary to provide this Reader with a vocabulary, since the student whose aim is to read literary or scientific works in a foreign language, must needs begin to use a dictionary at some stage of his studies. Moreover, the Notes are intended to offer sufficient help as to the meaning of uncommon words and technical terms.

In regard to the principal idea on which the selection of the pieces composing this Reader has been based, a few words may suffice. The instructor in modern languages in a technical college is not expected to teach chemistry, physics, or the construction of steam engines. His main purpose must always be to make his students thoroughly familiar with the order of words, the vocabulary and technical terms that are most frequently found in German scientific works. Moreover, as a rule, the students in our technical schools necessarily enter at once on practical work in the laboratory or machine shop, so that the instructor in chemistry or physics, for example, can devote but

little time to the history of the science in question or to the biography of the men who distinguished themselves in it. Yet, to say the least, an acquaintance with the history of the development of a particular science is certainly a most desirable and interesting subject. This consideration has been one of the guiding principles in the choice of the articles in this volume; however, as will readily appear from the perusal of the work, the contents have by no means been selected with only this end in view.

At the end of the book will be found some exercises for translating English into German.

I desire to express my thanks for permission to use some illustrations from Dr. D. F. Lincoln's *Hygienic Physiology*, and the cut of a locomotive from Prof. A. P. Gage's *Elements of Physics*. As to the biographical notices on famous scientists which appear in the Notes, I have at times made use of the *Encyclopædia Britannica* and of *Brockhaus' Konversations-Lexikon*. The etymology of English scientific terms has generally been given according to *Webster's International Dictionary of the English Language*. It is well for students in technical schools to know the derivation of scientific expressions from other languages, and thus to see the reason why a certain word means what it does mean.

In conclusion I proffer my sincere thanks to my friend Prof. H. C. G. von Jagemann of Harvard College for his careful reading of the proofs as well as for many valuable suggestions.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
January, 1895.

PREFACE TO REVISED EDITION.

FROM the announcement made in the Preface to the previous editions of this *Scientific German Reader*, it is obvious that the book has been intended mainly for students who had taken a thorough theoretical and practical course in German grammar for at least one year, with three or four recitations a week. In accordance with this view the pieces for translation had been chosen and the notes arranged.

In response to frequent and urgent requests to give an opportunity for reading "technical German" to students who had mastered little more than the elements of German grammar, some new reading matter and more minute notes have been introduced in the present edition. It is believed that these new selections can be taken up advantageously by students who have studied German but two or three months.

The present edition is divided into two Parts. The first, intended for beginners, contains the first four chapters of Professor W. Ostwald's *Die Schule der Chemie*, 1903. The instruction in chemistry is conveyed by means of a dialogue between the professor and the student; the German is easy; there is not a single example of the so-called adjective or participial construction so common in the more complicated technical works. There occur also but few instances of the uses of the subjunctive. This selection is

followed by exercises for translation from English into German, based on the German text.

It is, of course, assumed that the student while reading easy technical German will at the same time continue his study of the grammar and thus prepare himself to take up more difficult scientific work at a subsequent period.

The second part contains all the pieces of the former edition, with the exception of those on geometry and mineralogy. Their place has been taken by a lecture on the relation of the achievements of modern technical science to political economy, given by Dr. Gustav Schmoller at Munich on June 30, 1903, at the annual meeting of the Society of German Engineers. It is expected that the student can read this piece, the last one in the series, without the aid of numerous notes.

There is no connection between the Notes on the second part and those on the first part. Some students may have obtained their elementary scientific reading by some other means than those given here; they will then be able to begin the reading of the second part at once.

The modern standard of spelling has been followed in the new selections, while the orthography of the other pieces has remained unchanged. In view of the fact that many German publications, especially dictionaries still in use in various schools, retain the older method of spelling, it may be useful to the student to be acquainted with both standards of orthography.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
March, 1904.

CONTENTS.

PART I.

PART II.

SCIENTIFIC GERMAN READER.

PART I.

Die Schule der Chemie.*

1. Die Stoffe.[1]

A. Heute (*to-day*) beginnen[2] wir etwas ganz Neues; Sie werden anfangen[3] Chemie zu lernen (*study*).

B. Was ist denn das, Chemie?

A. Chemie ist ein Teil der Naturwissenschaft.[4] Sie haben ja[5] schon mancherlei[6] über Tiere und Pflanzen gelernt (*learn*) und wissen auch, daß man die Lehre[7] von den Tieren Zoologie und die (*that*) von den Pflanzen Botanik nennt.[8]

B. Dann ist wohl[9] die Chemie die Lehre von den Steinen?

A. Nein, diese heißt[10] Mineralogie. Aber die Chemie ist mit der Mineralogie sehr nahe verwandt.[11] Die Mineralogie

1. **der Stoff,** 'substance,' 'matter,' 'element.'— 2. **beginnen, begann, begonnen,** 'commence'; **Neues,** 'new'; strong adj. declension, neuter after **etwas.** — 3. **anfangen, fing . . . an, angefangen,** 'begin.'— 4. **die Naturwissenschaft,** 'natural science'; cf. *wissen*, 'know.'— 5. **ja,** adv. to strengthen the sense, 'you know,' 'you see'; 'why,' 'certainly.' — 6. **mancherlei,** 'many things'; **über,** 'about.' — 7. **die Lehre von . . .,** 'instruction concerning . . .,' 'science of . . .'; cf. *lehren*, 'teach.' — 8. **nennen, nannte, genannt,** 'name,' 'call'; mention the other five irregular weak verbs with the same vowel-changes in the preterit and past participle. — 9. **wohl,** 'possibly,' 'I presume,' 'probably.' — 10. **heißen, hieß, geheißen,** 'be called.' — 11. **verwandt,** 'related.'

* In the form of a dialogue between the teacher (*A*) and the student (*B*).

ist auch nicht die Lehre von den Steinen allein, sondern[1] von allen anderen Stoffen, die sich in der Erdrinde[2] befinden,[3] wie Schwefel,[4] Gold, Kohle. Alle diese Dinge gehören[5] auch in die Chemie. Aber in die Chemie gehören noch[6] Dinge wie Zucker,[7] Glas, Eisen, die sich nicht in der Erde befinden, sondern künstlich[8] aus anderen Dingen hergestellt[9] werden. Die Chemie ist die Lehre von allen Stoffen, den künstlichen, wie den natürlichen.

B. Dann gehört also[10] auch ein Baum in die Chemie?

A. Nein, denn ein Baum ist kein Stoff.

B. Aber er besteht[11] doch[12] aus Holz,[13] und Holz ist doch[12] ein Stoff.

A. Ja, aber der Baum enthält[14] auch noch anderes (*something else*); denn[15] seine Blätter[16] und Früchte bestehen nicht aus Holz, sondern aus anderen Stoffen. Alle diese Stoffe, einzeln[17] genommen, gehören in die Chemie, aber

1. **sondern**, 'but,' after a negative statement. — 2. **die Erdrinde**, 'crust of the earth'; cf. *rind*. — 3. **sich befinden**, 'find themselves,' 'happen to be.' — 4. **der Schwefel**, 'sulphur'; **die Kohle**, 'coal.' — 5. **gehören in (zu)** . . ., 'belong to . . .,' 'form a part of . . .,' 'appertain to . . .' — 6. **noch**, 'besides.' — 7. **der Zucker**, 'sugar'; **das Eisen**, 'iron.' — 8. **künstlich**, adv., 'artificially'; cf. *die Kunst*, 'art.' — 9. **herstellen**, 'produce,' 'make.' — 10. **also**, 'therefore,' 'then'; **auch**, 'also.' 11. **bestehen (bestand, bestanden) aus** . . ., 'consist of . . .'; but *bestehen auf* . . ., 'insist on . . .'; *entstehen*, 'come into existence,' 'arise,' 'originate'; *gestehen*, 'admit.' — 12. **doch** = 'surely,' 'though'; in such cases often best translated by a negative-interrogative phrase: 'Is not wood a substance?' or by emphasis on the verb. — 13. **das Holz**, 'wood.' — 14. **enthalten, enthielt, enthalten**, 'contain'; but *erhalten*, 'receive'; *behalten*, 'keep.' A strong inseparable verb, with the same vowel in the past participle as in the infinitive, has exactly the same form in those two verbal parts. — 15. **denn**, 'for.' Substitute *weil*, 'because,' for *denn*: what is then the order of words? — 16. **das Blatt**, 'leaf'; **die Frucht**, 'fruit'; **bestehen**, cf. note 11, above. — 17. **einzeln**, adv., 'separately,' 'by themselves'; **nehmen, nahm, genommen**, 'take'; the participle usually stands last, preceded by its modifiers.

um[1] sie einzeln zu bekommen, muß man[2] den Baum zerstören.[3]

B. Was ist denn eigentlich[4] ein Stoff?

A. Das ist nicht mit zwei Worten gesagt. Lassen Sie mich einmal[5] sehen, ob[6] Sie es nicht selbst schon wissen und nur noch nicht auszudrücken[7] verstehen. Was ist dies?

B. Ich denke,[8] Zucker.

A. Warum denken Sie das?

B. Nun,[9] der Zucker in der Zuckerdose[10] sieht[11] ganz so aus.[11] Lassen Sie mich einmal[5] kosten.[12] — Ja, es ist Zucker, es schmeckt[13] süß.

A. Wissen Sie noch anderes, woran[14] Sie den Zucker erkennen[15] könnten?

B. Ja, er macht die Finger klebrig,[16] dieser macht[17] es auch.

A. Sie können also Zucker erkennen, wenn man Ihnen einen Stoff in die Hand[18] gibt und Sie fragt,[19] ob er Zucker ist. Und zwar[20] haben Sie ihn zuerst (*first*) an seinem Aussehen,[21] dann an seinem Geschmack[22] und dann an der

1. **um . . . zu bekommen,** 'in order to obtain (get) . . .'; *bekommen* is *not* 'become,' the latter is *werden.* — 2. Why inverted order? — 3. **zerstören,** 'destroy'; the inseparable prefix *zer* denotes 'apart,' 'asunder.' — 4. **eigentlich,** 'really.' — 5. **einmal,** with imperative, 'just.' — 6. **ob,** 'whether.' — 7. **ausdrücken,** 'express'; **verstehen, verstand, verstanden,** 'understand.' — 8. **denken, dachte, gedacht,** 'think'; what is the other irregular weak verb with similar vowel and consonantal changes? — 9. **Nun,** in such connections, especially in conversation, 'well,' *not* 'now.' — 10. **die Dose,** 'box.' — 11. **aussehen, sah . . . aus, ausgesehen,** 'look,' 'appear.' — 12. **kosten,** 'taste' (take into the mouth); the connection must tell whether *kosten* is 'taste' or 'cost.' — 13. **schmecken,** 'taste'; cf. *smack.* — 14. **woran,** 'by which.' — 15. **erkennen,** 'recognize'; **könnten,** subjunctive in the conclusion, the condition *wenn Sie ihn kosten würden* being implied. — 16. **klebrig,** 'sticky,' 'gluey,' 'clammy.' — 17. **macht es auch,** literally 'does it too,' that is, 'acts likewise.' — 18. **in die Hand** = *in Ihre Hand.* — 19. **fragen,** 'ask' (a question); *bitten* = 'ask,' 'beg,' 'demand.' — 20. **zwar,** adv., 'no doubt.' — 21. **das Aussehen,** 'appearance.' — 22. Cf. note 13, above.

Klebrigkeit[1] erkannt. Diese Erkennungszeichen[2] nennt man Eigenschaften.[3] Sie erkennen den Zucker an seinen Eigenschaften. Zucker ist ein Stoff; Stoffe erkennt man also[4] an ihren Eigenschaften. — Meinen[5] Sie, daß man alle Eigenschaften eines Stoffes zu seiner Erkennung benutzen[6] kann?

B. Jawohl,[7] wenn ich sie kenne.

A. Wir wollen einmal sehen. Gibt[8] es nur eine Art[9] Zucker? — Nein, Sie kennen Hutzucker,[10] der in großen Stücken (*pieces*) vorkommt,[11] und klaren[12] Zucker, der ein Pulver,[13] wie Sand, ist. Beide sind Zucker, denn wenn man den Hutzucker im Mörser[14] zerstampft, so wird klarer Zucker daraus.

B. Ja, dann[15] ist beides doch dasselbe!

A. Beides ist derselbe Stoff, Zucker. Aber von seinen Eigenschaften ist doch eine geändert[16] worden. Die Gestalt,[17] die ein Ding hat, ist auch eine Eigenschaft; die kann man beliebig[18] verändern, und der Stoff bleibt[19] doch derselbe. Ebenso ist es mit der Menge.[20] Ob die Zuckerdose voll, oder fast[21] leer ist, was darin ist, ist immer Zucker. Also

1. Cf. note on xi, 16. — 2. **das Zeichen,** 'sign'; cf. *erkennen*, xi, 15. — 3. **die Eigenschaft,** 'property'; but 'worldly possessions' *das Eigentum*. — 4. Cf. note on x, 10. — 5. **Meinen,** 'think,' 'mean,' 'have in mind.' — 6. **benutzen,** 'use,' 'employ.' — 7. **Jawohl,** 'yes, indeed,' 'surely.' — 8. **es gibt,** 'there is,' 'there are,' followed by the accusative. — 9. **die Art,** 'sort' or 'kind' (of); English *art* is *Kunst*. — 10. **der Hutzucker,** 'loaf sugar.' — 11. **vorkommen, kam . . . vor, vorgekommen,** 'be found,' 'be met with.' — 12. **klar,** 'clear,' 'limpid,' 'crystal.' — 13. **das Pulver,** 'powder.' — 14. **der Mörser,** 'mortar'; **zerstampfen,** 'pound up,' 'crush.' — 15. **dann,** 'then'; but *denn*, 'for,' 'because.' — 16. **ändern** or *verändern*, 'change'; cf. *ander*, 'other.' — 17. **die Gestalt,** 'shape,' 'form.' — 18. **beliebig,** adv., = *wie beliebt*, 'in any way,' 'as it pleases,' 'at one's pleasure.' Consider *die* as a relative pronoun: what would then be the order of words? — 19. **bleiben, blieb, geblieben,** 'remain.' — 20. **die Menge,** 'quantity,' 'amount.' — 21. **fast,** 'almost,' *not* 'fast'; **leer,** 'empty.'

gehören Gestalt und Menge nicht zu den Eigenschaften, an denen man die Stoffe erkennt. — Ist Zucker warm oder kalt?

B. Das weiß ich nicht. — Er kann doch [1] beides sein!

A. Jawohl; also ist Wärme oder Kälte auch keine Eigenschaft, an der man ihn erkennen kann.

B. Ja, wie soll man das auch, denn man kann ja [2] den Zucker groß oder klein, warm oder kalt machen, wie man will.

A. Sehen Sie, jetzt haben wir die Sache.[3] Unter [4] den Eigenschaften eines Dinges gibt [5] es welche,[6] die [7] man nicht ändern kann; daß der Zucker süß schmeckt [8] und die Finger klebrig [9] macht, finden Sie immer am Zucker. Seine Größe [10] und Form und seine Wärme kann man aber ändern. Jeder [11] bestimmte [12] Stoff hat bestimmte unveränderliche [13] Eigenschaften, und ein jedes Ding erhält [14] den Namen dieses Stoffes, wenn es diese bestimmten, unveränderlichen Eigenschaften hat, unabhängig [15] davon, ob [16] es warm oder kalt, groß oder klein ist, oder wie sonst [17] seine veränderlichen Eigenschaften beschaffen [18] sein mögen. Oft hat ein Ding je [19] nach seinem Gebrauche [20] oder seiner Gestalt [21] einen anderen Namen, als den [22] seines Stoffes, dann sagt man, es besteht [23] aus einem bestimmten Stoffe.

1. Cf. note on x, 12. — 2. Cf. note on ix, 5. — 3. **die Sache,** 'thing,' 'case,' 'point in question.' — 4. **Unter,** not always 'under,' but often 'among.' — 5. Cf. note on xii, 8. — 6. **welche,** 'some'; interrogatives may be used as indefinite pronouns. — 7. Consider **die** as a demonstrative pronoun: order of words? — 8. Cf. note on xi, 13. — 9. Cf. note on xi, 16. — 10. **die Größe,** 'size.' — 11. Distinguish **jeder** from *jener*. — 12. **bestimmt,** 'definite.' — 13. Cf. note on xii, 16. — 14. Cf. note on x, 14. — 15. **unabhängig,** 'independent'; **davon,** 'of that,' that is, of what follows; translate 'of.' — 16. Cf. note on xi, 6. — 17. **sonst,** 'otherwise,' 'in other respects,' 'else.' — 18. **beschaffen,** 'constituted.' — 19. **je nach,** 'according to.' — 20. **der Gebrauch,** 'use.' — 21. Cf. note on xii, 17. — 22. Demonstrative pronoun. — 23. Cf. note on x, 11.

B. Das habe ich nicht ganz verstanden.[1]

A. Was ist dies, und das?

B. Dies ist eine Stricknadel,[2] und das ist eine Schere.[3]

A. Sind Stricknadel und Schere Stoffe?

B. Ich weiß nicht recht.[4] — Nein, ich glaube (*believe*) nicht.

A. Wenn Sie es wissen wollen, brauchen[5] Sie nur zu fragen: woraus besteht das Ding, oder woraus ist es gemacht, dann kommen Sie meistens (*mostly, generally*) auf den Namen des Stoffes. Woraus sind Stricknadel und Schere gemacht?

B. Aus Eisen.[6] Dann ist also Eisen ein Stoff?

A. Gewiß[7]; denn ein Stück Eisen heißt[8] Eisen, ob es groß oder klein, kalt oder warm ist.

B. Dann ist also[9] auch Papier ein Stoff, denn das Buch ist aus Papier gemacht, und Holz[10] ist ein Stoff, denn der Tisch ist aus Holz gemacht, und Kacheln[11] sind ein Stoff, denn der Ofen ist aus Kacheln gemacht.

A. Die beiden ersten Beispiele[12] waren richtig[13]; das letzte ist es[14] aber nicht. Bleibt eine Kachel eine Kachel, wenn man sie zerschlägt[15] und zerstampft?[16] Nein; der Name Kachel gehört also einem Dinge, das eine gewisse[17] Gestalt hat, es kann also kein Stoff sein. Aber woraus werden Kacheln gemacht?

B. Aus Ton.[18]

A. Ist Ton ein Stoff?

1. Cf. note on xi, 7. — 2. **die Stricknadel,** 'knitting needle.' — 3. **die Schere,** 'pair of scissors.' — 4. **recht,** 'exactly.' — 5. **brauchen,** 'need.' — 6. Cf. note on x, 7. — 7. **Gewiß,** adv., 'certainly,' *not* a part of the verb *wissen*. — 8. Cf. note on ix, 10. — 9. Cf. note on x, 10. — 10. Cf. note on x, 13. — 11. **die Kachel,** 'Dutch tile.' — 12. **das Beispiel,** 'example.' — 13. **richtig,** 'correct.' — 14. **es**; omit in translation. — 15. **zerschlagen, zerschlug, zerschlagen,** 'smash,' 'dash to pieces.' — 16. Cf. note on xii, 14. — 17. **gewiß,** adj., 'certain.' — 18. **der Ton,** 'clay,' 'potter's earth'; the connection tells whether *Ton* is 'clay' or 'tune,' 'tone,' 'sound.'

B. Ja — nein — ja doch,[1] denn wenn ich Ton zerstampfe, so bleibt er doch immer Ton.

A. Ganz richtig, damit[2] können Sie sich einstweilen aushelfen, wenn Sie im Zweifel[3] sind. Erst[4] fragen Sie: Woraus besteht das Ding, und wenn Sie die Antwort[5] haben, so fragen[6] Sie weiter,[7] woraus dies wieder[8] besteht, und wenn Sie nicht weiter können,[9] so fragen Sie: Bleibt es dasselbe, wenn ich es zertrümmere,[10] und wenn Sie dann ja sagen können, so ist es ein Stoff.

B. Dann gibt es aber ungeheuer[11] viele Stoffe!

A. Ganz gewiß[12]; es gibt noch viel, viel mehr Stoffe, als Sie dem Namen nach[13] kennen. Und alle diese Stoffe gehören in die Chemie.

B. Ach, dann werde ich gewiß die Chemie niemals[14] auslernen. Ich möchte lieber[15] gar nicht anfangen![16]

A. Kennen Sie den Stadtwald?[17]

B. Ja, sehr gut. Sie können mich dort hinstellen,[18] wohin Sie wollen; ich werde mich immer zurechtfinden.[19]

A. Aber Sie kennen doch gewiß nicht jeden einzelnen (*single*) Baum darin; wie wollen Sie sich denn zurechtfinden?

1. **ja doch,** 'yes, indeed.' — 2. **damit,** 'with this,' 'in this way'; **einstweilen,** 'for a while'; **sich aushelfen, half sich aus, ausgeholfen,** 'help one's self out' (of a difficulty), 'get along.' — 3. **der Zweifel,** 'doubt.' — 4. **Erst,** adv., 'first'; **fragen,** cf. note on xi, 19. — 5. **die Antwort,** 'answer.' — 6. The principal clause following the dependent one (in the transposed order **wenn . . . haben**) is put in the inverted order, often beginning with **so.** — 7. **weiter,** 'further'; distinguish from — 8. **wieder,** 'again,' 'in turn,' 'on its part.' — 9. Modal auxiliary with infinitive of motion or direction understood; supply here *gehen.* — 10. **zertrümmern,** 'shatter.' — 11. **ungeheuer viele,** 'an enormous number of.' — 12. Cf. note on xiv, 7. — 13. **dem Namen nach,** 'by name.' — 14. **niemals,** 'never'; **auslernen,** 'finish learning.' — 15. **Ich möchte lieber,** 'I would rather,' 'I should prefer to.' — 16. Cf. note on ix, 3; **gar nicht,** 'not at all.' — 17. **der Stadtwald,** 'city park.' — 18. **hinstellen,** 'place.' — 19. **sich zurechtfinden,** 'find one's way'; cf. *zurecht,* 'aright.'

B. Ich kenne doch[1] die Wege!

A. Sehen Sie, so wollen wir es auch mit der Chemie machen. Wir wollen nicht alle Stoffe einzeln kennen lernen, die es gibt, aber wir wollen die Wege kennen lernen, durch welche diese zahllosen[2] Dinge eingeteilt[3] sind, und auf denen man von einer Stelle[4] zur anderen gelangt.[5] Wenn Sie die Hauptwege[6] kennen werden, so werden Sie[7] sich auch in der Chemie zurechtfinden können. Und hernach[8] können Sie auch von den Hauptwegen abgehen[9] und einzelne Stellen noch genauer[10] kennen lernen. Und Sie werden sehen, Chemie zu lernen ist ebenso (*just as*) lustig[11] wie im Walde zu spazieren.[12]

2. Die Eigenschaften.

A. Lassen Sie hören, was Sie das vorige Mal[13] gelernt haben.

B. Die Chemie ist die Lehre[14] von den Stoffen, und Stoff ist alles, woraus ein Ding besteht.[15]

A. Das erste ist richtig,[16] aber das zweite nicht ganz. Ein Musikstück besteht doch[1] aus Tönen[17]; sind Töne Stoffe?

B. Man kann doch die Töne den Stoff nennen, aus dem die Musik besteht?

1. Cf. note on x, 12. — 2. **zahllos**, 'numberless,' 'innumerable.' — 3. **einteilen**, 'divide.' — 4. **die Stelle**, 'spot,' 'place.' — 5. **gelangen**, 'arrive,' 'get'; distinguish from *gelingen*, *gelang*, *gelungen*, 'succeed,' impersonal verb. — 6. **der Hauptweg**, 'main road'; cf. *das Haupt*, 'head.' — 7. Why not *Sie werden?* — 8. **hernach**, adv., 'afterwards.' — 9. **abgehen**, 'turn away,' 'branch off.' — 10. **genau**, adv., 'exactly,' 'particularly.' — 11. **lustig**, 'amusing,' 'good fun.' — 12. **spazieren**, 'walk' (for pleasure or exercise). — 13. **Mal**, with numerals, etc., 'time'; **das vorige Mal**, 'the previous time,' 'last time'; cf. *das erste Mal* or *das erstemal*, 'the first time.' — 14. Cf. note on ix, 7. — 15. Cf. note on x, 11. — 16. Cf. note on xiv, 13. — 17. Cf. note on xiv, 18.

A. Ja, in bildlicher[1] Rede kann[2] man es. In der Sprache der Wissenschaft[3] aber schränkt[4] man den Namen Stoff auf solche Dinge ein,[4] welche[5] ein Gewicht[6] haben.

B. Welches Recht hat man dazu,[7] die Bedeutung[8] eines Namens so einzuschränken?

A. Das Recht der Notwendigkeit.[9] In der Sprache des gewöhnlichen[10] Lebens nimmt[11] man es meist mit der Bedeutung eines Wortes nicht so genau,[11] wie Sie es ja eben selbst gezeigt (*show*) haben. In der Wissenschaft aber haben wir die Aufgabe,[12] möglichst[13] bestimmte Angaben[14] zu machen, und deshalb gibt man dort den Wörtern des täglichen (*everyday*) Lebens eine genaue abgegrenzte[15] Bedeutung. Diese kommt der (*that*) des gewöhnlichen Lebens möglichst[13] nahe und stimmt[16] daher in der Hauptsache[17] mit ihr überein[16]; nur sind die Grenzen[18] der Anwendung[19] und Bedeutung viel schärfer gezogen.[20] Das meiste, was man im gewöhnlichen[10] Leben einen Stoff nennt, nennt man auch in der Chemie so; aber man nennt nichts so, was nicht ein Gewicht hat oder wägbar[21] ist. Verbessern[22] Sie jetzt den zweiten Teil Ihres Satzes[23]: Stoff ist alles . . .

1. **bildlich,** 'figurative'; cf. *das Bild,* 'picture.' — 2. Supply *tun,* 'do.' — 3. Cf. note on ix, 4. — 4. **einschränken,** 'limit,' 'confine.' — 5. **solche,** plur., 'such,' is followed by the relative *welche* or *die,* 'as.' — 6. **das Gewicht,** 'weight.' — 7. **dazu,** 'to it,' that is, to what follows; it is best left untranslated here. — 8. **die Bedeutung,** 'meaning.' — 9. **die Notwendigkeit,** 'necessity.' — 10. **gewöhnlich,** 'ordinary,' 'everyday.' — 11. **so genau nehmen,** literally 'take so exactly,' that is, 'be so particular about.' — 12. **die Aufgabe haben,** literally 'have the task,' that is, 'undertake,' 'assume'; translate: 'it is our business.' — 13. **möglichst,** 'as . . . as possible'; **bestimmt,** cf. note on xiii, 12. — 14. **die Angabe,** 'statement.' — 15. **abgrenzen,** 'fix,' 'limit.' — 16. **übereinstimmen,** 'agree'; cf. *ein,* 'one,' *Stimme,* 'voice.' — 17. Cf. note on xiii, 3 and xvi, 6. — 18. **die Grenze,** 'limit'; cf. note 15, above. — 19. **die Anwendung,** 'application.' — 20. **ziehen, zog, gezogen,** 'draw,' but *zeigen,* 'show.' — 21. **wägbar,** 'weighable.' — 22. **Verbessern,** 'better,' 'improve,' 'amend.' — 23. **der Satz,** 'sentence.'

B. Stoff ist alles, woraus ein wägbares Ding besteht. — Ja, aber nun weiß ich doch[1] immer noch nicht, was ein Stoff eigentlich[2] ist.

A. Wieso?

B. Ich kann jetzt wohl erkennen, was ich Stoff nennen soll, aber das ist auch alles. Ich weiß dadurch doch nicht mehr, als ich schon vorher[3] gewußt habe; ich weiß noch nichts vom Wesen[4] der Stoffe.

A. Woher sollten Sie es auch wissen? Dadurch,[5] daß ich den Gebrauch eines Wortes für eine bestimmte Wissenschaft festgesetzt habe oder das Wort definiert habe, ist nichts geschehen,[6] als daß ich einen bestimmten Umkreis[7] abgesteckt habe, auf den das Wort künftig[8] beschränkt[9] sein soll. Wir haben eine Grenze[10] um unseren Wald festgelegt[11]; dadurch haben wir ihn natürlich[12] selbst noch nicht kennen gelernt. In dem Maße,[13] wie Sie die Eigenschaften der verschiedenen[14] Stoffe kennen lernen werden, werden Sie auch ihr Wesen kennen lernen, und damit[15] werden Sie genug zu tun haben!

B. Aber wenn[16] ich auch[16] alle Eigenschaften eines Stoffes kenne, so weiß ich doch nur — wie soll ich sagen — das

1. **doch immer,** 'after all.' — 2. Cf. note on xi, 4. — 3. **vorher,** adv., 'before'; the preposition 'before' is *vor.* — 4. **das Wesen,** 'essence,' 'nature'; *wesen,* formerly infinitive of *war, wäre, gewesen,* 'be' = Latin *esse,* thus 'essence.' — 5. **Dadurch** anticipates the idea of the following clause beginning with *daß:* 'by the fact that'; or better omit *da* in *dadurch,* and also *daß,* and render the verb by the participle: 'by (my) having established'; **festsetzen** = *festlegen,* 'establish.' — 6. **geschehen, geschah, geschehen,** 'happen,' 'be done'; why inverted order? — 7. **der Umkreis,** 'circumference,' 'circle'; **abstecken,** 'mark out,' 'lay out.' — 8. **künftig,** adv., 'in the future.' — 9. **beschränken** = *einschränken;* cf. note on xvii, 4. — 10. Cf. note on xvii, 18. — 11. **festlegen** = *festsetzen;* cf. note 5, above. — 12. **natürlich,** 'naturally,' 'of course.' — 13. **das Maß,** 'measure,' 'proportion'; distinguish from *die Masse,* 'mass,' 'quantity.' — 14. **verschieden,** 'different,' 'various.' — 15. Cf. note on xv, 2. — 16. **wenn . . . auch** = *wenn . . . schon* or *obgleich* or *obschon,* 'although.'

Äußere[1] von ihm.[2] In sein inneres[3] Wesen kann ich dadurch doch nicht eindringen.[4]

A. Erinnern[5] Sie sich dessen,[6] daß es verschiedene Arten[7] von Eigenschaften gibt? Welche waren es?

B. Sie meinen,[8] worüber wir gestern sprachen? Es gibt unveränderliche[9] und veränderliche Eigenschaften.

A. Und welche dienen[10] zur Erkennung der Stoffe?

B. Die unveränderlichen.

A. Da haben Sie ja,[11] was Sie suchen. Die unveränderlichen Eigenschaften können dem Stoffe nicht genommen[12] werden; wenn sie nicht da sind, so ist auch der Stoff nicht da. Diese Eigenschaften bilden[13] eben das Wesen des Stoffes.

B. Das sind doch nur seine Eigenschaften. Ich aber meine das, was allen Eigenschaften zu Grunde[14] liegt.

A. Dies müßte[15] also nachbleiben,[16] wenn Sie alle Eigenschaften von dem Stoffe fortgenommen denken. Nun denken[17] Sie sich von einem Stücke Zucker alle seine Eigenschaften, die Farbe, die Form, die Härte, das Gewicht, den Geschmack u. s. w. fort,[18] was bleibt dann übrig[19]?

B. Ich weiß nicht.

1. **das Äußere**, 'outside,' 'externals.' — 2. The author frequently uses *von ihm*, etc., instead of *davon*, etc. The latter is preferable when inanimate objects are spoken of. — 3. **inner**, 'inner'; why accusative and not dative? — 4. **eindringen, drang . . . ein, eingedrungen**, 'penetrate.' — 5. **sich erinnern**, with genitive, 'remind one's self of,' 'remember.' — 6. **dessen**, 'of that,' 'of the fact'; or untranslated, as it merely anticipates the idea expressed by the clause beginning with *daß*. — 7. Cf. note on xii, 9. — 8. Cf. note on xii, 5. — 9. Cf. note on xii, 16. — 10. **dienen zu**, 'serve for,' 'be available for'; **die Erkennung**, cf. note on xi, 15. — 11. Cf. note on ix, 5. — 12. **nehmen**, with dative, 'take away from.' — 13. **bilden**, 'form.' — 14. **zu Grunde liegen**, with dative, 'lie as the foundation of,' 'form the basis of.' — 15. **müßte**, 'would have to.' — 16. **nachbleiben**, 'remain behind.' — 17. **sich** (dative) **denken**, 'imagine.' — 18. **fort**, 'away,' supply *genommen*. — 19. **übrig bleiben**, 'be left,' 'be left over.'

A. Es bleibt nichts übrig. Denn nur durch die Eigenschaften kann ich erkennen, daß etwas da ist; sind keine Eigenschaften da, so ist auch nichts da, worüber ich irgend[1] etwas aussagen kann. Sie müssen sich also von der Vorstellung[2] frei machen, als[3] gäbe es außer den Eigenschaften eines Dinges noch irgend etwas darunter Befindliches,[4] was höher oder wesenhafter[5] wäre, als die Eigenschaften. Früher,[6] als die Wissenschaften noch wenig vorgeschritten[7] waren, hat man[8] so etwas (*such a thing*) geglaubt,[9] und davon sind noch Reste[10] in der Sprache übrig[11] geblieben, so daß man durch den Gebrauch[12] der Ausdrücke unwillkürlich[13] auf diese Ansicht[14] hingedrängt wird. Aber wenn man diesen Fehler[15] erkannt hat, kann man[16] ihn auch vermeiden.

B. Ich sehe ein,[17] daß Sie recht haben,[18] aber ich fürchte, ich werde mir die andere Ansicht nur langsam[19] abgewöhnen.[20]

A. Sie werden sich überzeugen,[21] wenn Sie mehr Chemie gelernt haben werden, daß wirklich[22] nur immer von den Eigenschaften und niemals vom 'Wesen' der Stoffe die

1. **irgend etwas,** 'anything'; **aussagen,** 'state,' 'affirm.' — 2. **die Vorstellung,** 'idea,' 'conception,' 'notion.' — 3. **als,** followed by subjunctive, 'as if'; **außer,** 'beside,' 'apart from.' — 4. **befindlich,** adj., 'that is found,' 'that exists,' 'situated.' — 5. **wesenhaft** or *wesentlich,* 'essential'; cf. note on xviii, 4. — 6. **Früher,** adv., 'formerly.' — 7. **vorschreiten, schritt . . . vor, vorgeschritten,** 'advance.' — 8. Why not *man hat?* — 9. **glauben,** 'believe.' — 10. **der Rest,** 'rest,' 'remainder.' — 11. Cf. note on xix, 19. — 12. Cf. note on xiii, 20; **der Ausdruck,** 'expression.' — 13. **unwillkürlich,** 'involuntarily.' — 14. **die Ansicht,** 'opinion,' 'view'; why accusative? **hindrängen auf,** 'push toward,' 'thrust toward,' 'force to accept.' — 15. **der Fehler,** 'mistake.' — 16. Why not *man kann?* **vermeiden, vermied, vermieden,** 'avoid.' — 17. **einsehen, sah . . . ein, eingesehen,** 'comprehend.' — 18. **recht haben,** '*be* right.' — 19. **langsam,** 'slow,' 'slowly.' — 20. **sich** (dative) **abgewöhnen,** 'disaccustom one's self to,' 'correct one's self of.' — 21. **überzeugen,** 'convince.' — 22. **wirklich,** 'really.'

Rede[1] ist, und so werden Sie später (*later*) den Irrtum[2] vergessen. — Übrigens[3] hat er doch das Gute[4] gehabt, daß Sie klar darüber[5] geworden sind, daß alles auf die Kenntnis[6] und Bestimmung[7] der Eigenschaften ankommt.[8] Nennen Sie mir einige Eigenschaften, durch welche Sie einen Stoff erkennen können. Wodurch unterscheiden[9] Sie zum Beispiel[10] Silber, Gold und Kupfer?

B. An der Farbe; Silber ist weiß, Gold gelb und Kupfer rot.

A. Gehört[11] die Farbe zu den veränderlichen oder den unveränderlichen Eigenschaften der Stoffe?

B. Ich denke, meist zu den unveränderlichen.

A. Warum drücken[12] Sie sich so unbestimmt[13] aus[12]?

B. Ich bin nicht ganz sicher[14]; vom Golde und Silber kann man wohl sagen, daß ihre Farbe unveränderlich ist, aber altes Kupfer sieht[15] doch gar nicht mehr rot aus,[15] sondern[16] dunkel und manchmal[17] sogar grün.

A. Haben Sie sich einmal ein solches Stück Kupfer genauer[18] angesehen,[19] das grün geworden ist? Ist das Kupfer durch und durch grün?

B. Doch wohl nicht; nein, man kann das Grüne abkratzen,[20] und dann ist wieder rotes Kupfer darunter.

1. **die Rede ist von . . .**, 'the question is about . . .' — 2. **der Irrtum**, '*err*or.' — 3. **Übrigens**, adv., 'moreover,' 'nevertheless.' — 4. **das Gute haben**, literally 'have the good (thing),' that is, 'have the advantage,' 'be of advantage.' — 5. **darüber**, 'over this,' 'concerning this' = 'concerning the fact,' 'as to the fact.' — 6. **die Kenntnis**, 'knowledge'; but *die Wissenschaft*, 'science.' — 7. **die Bestimmung**, 'definition.' — 8. **ankommen auf**, with accusative, 'depend on.' — 9. **unterscheiden**, 'distinguish.' — 10. Cf. note on xiv, 12. — 11. Cf. note on x, 5. — 12. Cf. note on xi, 7. — 13. Cf. note on xiii, 12. — 14. **sicher**, 'sure,' has no connection with the pronoun *sich*. — 15. Cf. note on xi, 11. — 16. Cf. note on x, 1. — 17. **manchmal**, 'sometimes,' *not* 'many times'; **sogar**, 'even.' — 18. Cf. note on xvi, 10. — 19. **sich** (dative) **ansehen**, 'examine.' — 20. **abkratzen**, 'scrape off,' 'scratch off.'

A. Ganz richtig,[1] und das Grüne ist auch sonst[2] nicht wie Kupfer; es ist nicht zäh,[3] wie ein Metall, sondern bröckelig[4] wie die Erde. Das Ganze hängt[5] so zusammen, daß sich auf dem Kupfer ein anderer Stoff gebildet[6] hat, der vorher[7] nicht da war; dessen[8] Farbe ist grün, und er hat das rote Kupfer nur zugedeckt,[9] wie das gelbe Holz[10] des Fensterrahmens[11] mit weißer Farbe zugedeckt ist.

B. Wie kommt denn das Grüne auf das Kupfer?

A. Es entsteht[12] aus dem Kupfer; wie, das werden Sie später genauer[13] erfahren.[14] Zuerst[15] wollen wir die Frage nach der Farbe noch etwas besprechen.[16] Also, wir müssen die Farbe als eine unveränderliche Eigenschaft ansehen,[17] durch die man die Stoffe erkennen kann. Nur müssen wir uns hüten,[18] daß wir nicht die Farbe, welche ein Ding auf seiner Oberfläche[19] infolge[20] eines zufälligen fremden Überzugs zeigt, für die Farbe des Stoffes halten,[21] aus dem das Ding besteht. Das sehen wir am besten, wenn wir es zertrümmern,[22] um die inneren Teile ans Licht[23] zu bringen. Wir wollen dies einmal probieren.[24] Sehen Sie, was ich hier habe. Es ist ein blauer Stoff, den man Kupfervitriol[25] nennt.

1. Cf. note on xiv, 13. — 2. Cf. note on xiii, 17. — 3. **zäh,** 'tough.' — 4. **bröckelig,** 'crumbling.' — 5. **zusammenhangen,** literally 'hang together,' but do not take the phrase *Das ... zusammen* in its literal meaning; translate: 'the whole (matter) is to be accounted for (by the fact).' — 6. Cf. note on xix, 13. — 7. Cf. note on xviii, 3. — 8. Is **dessen** relative or demonstrative? — 9. **zudecken,** 'cover.' — 10. Cf. note on x, 13. — 11. **der Fensterrahmen,** 'window frame.' — 12. Cf. note on x, 11. — 13. Cf. note on xvi, 10. — 14. **erfahren,** 'learn' (find out). — 15. **Zuerst,** adv., 'first,' cf. note on xv, 4. — 16. **besprechen,** 'discuss.' — 17. **ansehen,** 'regard.' — 18. **sich hüten,** 'take *heed*,' 'take care.' — 19. **die Oberfläche,** 'surface.' — 20. **infolge,** prep., 'in consequence of,' cf. *folgen,* 'follow'; **zufällig,** 'accidental,' 'casual'; **fremd,** 'foreign'; **der Überzug,** 'covering,' 'coating'; **zeigen,** cf. note on xvii, 20. — 21. **halten für,** 'consider as.' — 22. Cf. note on xv, 10. — 23. **ans Licht bringen,** 'bring to the light (of day),' 'disclose,' 'unearth.' — 24. **probieren,** 'try,' *not* 'prove.' — 25. **der Kupfervitriol,** 'sulphate of copper.'

B. Bitte,[1] zerschlagen[2] Sie es doch nicht; es ist so hübsch geformt, fast wie ein geschliffener[3] Edelstein.

A. Solche Gestalten nennt man Kristalle; sie werden nicht durch Schleifen hergestellt,[4] sondern bilden sich ohne unser Zutun[5] von selbst so.

B. Kann ich das sehen?

A. Sie werden bald lernen, selbst solche Kristalle entstehen[6] zu lassen. Ich habe noch eine ganze Menge davon, und wir können da ein Stück gern[7] opfern, wenn wir etwas daran lernen wollen. Da[8] habe ich es zerbrochen; sehen Sie nach,[9] ob die blaue Farbe diesem Stoffe eigen[10] ist.

B. Das ist so, denn das Stück ist innen gerade ebenso stark[11] blau, wie außen.

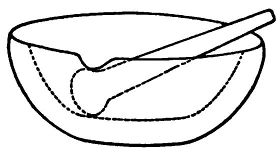


Fig. 1.

A. Nun wollen wir es in diesem dicken Schüsselchen[12] aus Porzellan (Fig. 1), das man eine Reibschale[13] nennt, noch weiter zerkleinern[14]; dazu dient[15] diese kleine Keule,[16] die das Pistill heisst.[17]

B. Wozu machen[18] Sie sich diese überflüssige Mühe[18]? wir wissen ja schon, was da wird.

1. **Bitte,** for *ich bitte Sie,* 'I beg you,' 'please.' — 2. Cf. note on xiv, 15; **doch,** with imperative, adds emphasis to the latter; cf. French *donc.* — 3. **schleifen, schliff, geschliffen,** 'grind,' 'polish'; **der Edelstein,** 'precious stone.' — 4. Cf. note on x, 9. — 5. **das Zutun,** 'participation,' 'aid.' — 6. Cf. note on x, 11. — 7. **gern,** adv., 'readily,' 'easily'; **opfern,** 'sacrifice.' — 8. Consider **Da** as a subordinate conjunction: what order of words? **zerbrechen, zerbrach, zerbrochen,** 'break asunder.' — 9. **nachsehen, sah . . . nach, nachgesehen,** '*see* to it,' 'examine'; ob, cf. note on xi, 6. — 10. **eigen,** with dative, 'peculiar,' 'proper'; cf. *die Eigenschaft.* — 11. **stark,** adv., 'strongly,' 'intensely.' — 12. **das Schüsselchen,** 'little dish.' — 13. **die Reibschale,** 'mortar.' — 14. **zerkleinern,** 'reduce to minute particles,' 'grind'; cf. *kleiner,* 'smaller.' — 15. Cf. note on xix, 10. — 16. **die Keule,** 'club,' 'pestle.' — 17. Cf. note on ix, 10. — 18. **sich die Mühe machen,** 'take the pains,' 'give one's self the trouble'; **überflüssig,** 'superfluous,' 'unnecessary'; literally 'overflowing.'

A. Sehen[1] Sie nur aufmerksam zu[1]; wenn man einen Schluß[2] gezogen hat, so muß man[3] ihn auch ordentlich prüfen, sonst[4] weiß man nicht, ob man sich nicht versehen[5] oder etwas vergessen hat. Was sehen Sie?

B. Das Stück scheint innen doch nicht so blau zu sein, wie es außen war, denn die Bröckchen[6] werden immer heller,[7] und jetzt ist das Pulver ganz hellblau, fast[8] weiß. Das kann ich nicht begreifen,[9] denn die großen Bruchstücke[10] sahen[11] vorher[12] doch ganz dunkelblau aus.[11] Ist vielleicht etwas von der Reibschale[13] hineingekommen?[14]

A. Nein, das Porzellan ist hart und gibt[15] nichts ab.[15] Aber sehen[16] Sie einmal diesen Scherben[17] aus blauem Glase an.[16] Er ist hier noch dunkler, als vorher der Kupfervitriol war, und dort ist das Stück fast farblos, und ist doch dasselbe blaue Glas.

B. Das ist ja ganz einfach[18]; das Glas ist an der einen Seite viel dicker als an der anderen. Ach, jetzt begreife ich; die kleinen Stückchen vom Kupfervitriol sind ebenso hell, wie das Glas an den dünnen[19] Stellen, und die großen dunkel, wie das dicke Glas.

1. **zusehen,** 'look on'; **nur,** with imperative, 'just'; **aufmerksam,** adv., 'attentively'; cf. *merken,* 'mark.' — 2. **einen Schluß ziehen,** '*draw* a *conclusion.*' — 3. Why not *man muß?* **ordentlich prüfen,** 'thoroughly test.' — 4. Cf. note on xiii, 17. — 5. **sich versehen,** 'make a mistake.' — 6. **das Bröckchen,** 'crumb,' 'small fragment.' — 7. **hell,** 'bright'; **immer heller,** 'brighter and brighter'; in the same manner *immer besser,* 'better and better,' etc. — 8. Cf. note on xii, 21. — 9. **begreifen,** 'comprehend.' — 10. **das Bruchstück,** 'fragment' in the most general sense; cf. *brechen,* 'break'; *das Stück,* 'piece.' — 11. Cf. note on xi, 11. — 12. Cf. note on xviii, 3. — 13. Cf. note on xxiii, 13. — 14. Mention some other verbs beside **kommen** with the auxiliary *sein.* — 15. **abgeben,** 'part with.' — 16. **ansehen,** 'look at.' — 17. **die (der) Scherbe,** 'fragment' (of glass, earthenware, etc.). — 18. **einfach,** 'simple'; cf. *zweifach,* 'double,' *vierfach,* 'fourfold'; **ja,** cf. note on ix, 5. — 19. **dünn,** 'thin.'

A. Ganz recht; wenn das Licht in ein Stück des blauen Stoffes eindringt,[1] so wird es im Inneren mehrfach[2] zurückgeworfen,[3] bis es wieder heraus kann.[4] Dabei wird es um so[5] blauer, je[5] länger der Weg im Stücke war. Darum sind die größeren oder dickeren Stücke dunkler als die kleinen. So erscheinen[6] auch die zusammenhängenden Massen des Meerwassers dunkelblau oder dunkelgrün; das fein zerteilte[7] Wasser, welches den Schaum[8] auf den Wellen und hinter dem Schiffe bildet,[9] sieht dagegen[10] ganz weiß aus. Deshalb muß man, wenn man die Farbe eines Stoffes angibt,[11] auch gleichzeitig[12] erwähnen, ob man ihn als feines Pulver oder in großen Stücken meint.[13] Meist wird in der Chemie die Farbe der Stoffe so angegeben, wie man sie bei der künstlichen[14] Herstellung[15] zu sehen bekommt.[16] Über die Frage der Farbe ließe[17] sich noch vielerlei sagen, aber für heute sei's[18] genug.

3. Stoffe und Gemenge.[19]

A. Wiederholen[20] Sie mir das gestern Gelernte.[21]

B. Die Stoffe erkennt man an ihren Eigenschaften. Eine von diesen Eigenschaften ist die Farbe; sie erscheint aber

1. Cf. note on xix, 4. — 2. **mehrfach**, literally 'manifold,' here adv., 'repeatedly.' — 3. **zurückwerfen, warf . . . zurück, zurückgeworfen**, 'throw back,' 'reflect.' — 4. Supply *kommen*. — 5. **um so . . . je**, 'the . . . the.' — 6. **erscheinen**, 'appear.' — 7. **zerteilen**, 'divide.' — 8. **der Schaum**, 'foam'; **die Welle**, 'wave.' — 9. Cf. note on xix, 13. — 10. **dagegen**, 'on the other hand.' — 11. **angeben**, 'state.' — 12. **gleichzeitig**, adv., 'simultaneously,' 'at the same time'; **erwähnen**, 'mention.' — 13. Cf. note on xii, 5. — 14. Cf. note on x, 8. — 15. Cf. note on x, 9. — 16. **zu sehen bekommt**, 'may see'; literally 'gets them to see.' — 17. **ließe sich sagen**, literally 'would allow itself to be said,' that is, 'might be said'; notice that *ließe* is subjunctive. — 18. **sei**, what part of the verb? — 19. **das Gemenge**, 'mixture.' — 20. **wiederho'len**, 'repeat'; meaning of *wie'derholen*? — 21. Change the past participle used as a noun to a relative sentence.

verschieden,[1] je nachdem[2] die Stoffe in kleinen oder großen Stücken vorhanden[3] sind.

A. Richtig. Kennen Sie diesen Stein? Er heißt Granit. Welche Farbe hat er?

B. Grau. Und rötlich. Und schwarz.

A. Warum nennen Sie verschiedene Farben?

B. In dem Steine ist Verschiedenes[4] darin; da sind graue und rote und schwarze Teile. Da kann man doch keine einzelne Farbe angeben.[5]

A. Ist Granit ein Stoff?

B. Gewiß,[6] denn[7] aus Granit ist allerlei[8] gemacht; z. B.[9] die Pflastersteine[10] auf der Straße. Und ein kleines Stück Granit ist auch Granit.

A. Das wollen wir einmal sehen. Denken[11] Sie sich den Granit in kleine Brocken[12] zerstoßen,[13] so daß jedes Stückchen entweder[14] aus dem grauen oder dem roten oder dem schwarzen Stoff allein besteht.[15] Dann legen wir alle grauen Stückchen zusammen in ein Häufchen,[16] und ebenso die roten und die schwarzen. Werden Sie jedes[17] der drei Häufchen Granit nennen, oder nur eines,[18] und welches?

B. Vielleicht das rote. Nein, das geht[19] nicht, Granit ist es nur, wenn alles zusammen ist.

A. Ganz richtig. Könnten Sie dasselbe mit einem Stück

1. Cf. note on xviii, 14. — 2. **je nachdem**, 'according as.' — 3. **vorhanden sein**, 'be extant,' 'be present,' 'be *on hand*.' — 4. Supply a noun in the plural. — 5. Cf. note on xxv, 11. — 6. Cf. note on xiv, 7. — 7. Substitute *weil* for **denn**: order of words? What is the difference between **ist gemacht** and *wird gemacht?* — 8. **allerlei**, 'all sorts of things.' — 9. **z. B.** = *zum Beispiel;* cf. note on xiv, 12. — 10. **der Pflasterstein**, 'paving stone.' — 11. Cf. note on xix, 17. — 12. **der kleine Brocken** = *das Bröckchen;* cf. note on xxiv, 6. — 13. **zerstoßen, zerstieß, zerstoßen**, 'pound.' — 14. **entweder**, 'either.' — 15. Cf. note on x, 11. — 16. **das Häufchen**, 'little heap.' — 17. Not *jenes*. — 18. Why not *ein?* — 19. **geht nicht**, 'won't do.'

Zucker machen, und wieviel verschiedene Häufchen bekämen[1] Sie da?

B. Nein, beim Zucker geht das nicht. Zucker bleibt[2] immer dasselbe.

A. Auch richtig. Merken Sie auf,[3] jetzt haben Sie einen sehr wichtigen[4] Unterschied[5] erkannt. Stoffe, die man, wie den Granit, nach dem Zerteilen[6] in verschiedenartige[7] Häufchen sondern[8] kann, heißen Gemenge. Solche, die[9] das nicht gestatten, wie der Zucker, heißen gleichteilige[10] oder mit einem Fremdworte homogene Stoffe. In der Chemie beschäftigen[11] wir uns nur mit den gleichteiligen oder homogenen Stoffen.

B. Warum nur mit diesen?

A. Weil[12] es mit den anderen kein Ende gäbe.[13] Denken Sie sich, Sie haben zwei verschiedene gleichteilige Stoffe. Dann können Sie unzählig[14] viele Gemenge daraus machen, indem[15] Sie sie in verschiedenen Verhältnissen[16] mischen. Wenn wir uns um jedes einzelne Gemenge besonders kümmern[17] müßten, würden wir nie fertig.[18]

1. Cf. note on xi, 1; subjunctive; the condition 'if you did it' is implied. — 2. Cf. note on xii, 19. — 3. **aufmerken,** 'pay attention,' 'mind,' '*mark.*' — 4. **wichtig,** 'important.' — 5. Cf. note on xxi, 9. — 6. Infinitive used as noun; **zerteilen,** cf. note on xxv, 7. — 7. Cf. note on xviii, 14 and xii, 9. — 8. **sondern,** 'separate,' '*sunder.*' — 9. **die,** cf. note on xvii, 5; **gestatten,** 'permit.' — 10. **gleichteilig,** 'like-parted'; cf. *gleich* and *Teil.* — 11. **sich beschäftigen,** 'occupy one's self,' 'busy one's self,' 'deal.' — 12. Substitute *denn* for **weil**: order of words? — 13. Why subjunctive? — 14. **unzählig** = *zahllos*, cf. note on xvi, 2. — 15. **indem,** conjunction, 'while,' not *in dem;* the best translation is generally had by using an appropriate English preposition, mostly 'by' or 'through,' omitting the subject (**Sie**) or making it possessive ('your'), and rendering the verb by the verbal noun in *-ing:* 'by (your) mixing them' instead of the literal 'while you mix them.' — 16. **das Verhältnis,** 'proportion.' — 17. **sich kümmern um,** 'concern one's self about,' 'trouble one's head about'; **besonders,** adv., 'in particular.' — 18. **fertig werden,** literally 'become ready,' that is, 'finish,' 'get through.'

B. Aber sie sind doch auch etwas; da darf man sie doch nicht einfach[1] fortlassen.[2]

A. Sehr gut; Sie haben[3] ganz recht. Aber wir brauchen[4] die Gemenge nicht einzeln[5] zu kennen, und zwar[6] aus folgendem Grunde. Wenn wir die beiden gleichteiligen Stoffe zu dem Gemenge vereinigen,[7] so sind alle Eigenschaften des Gemenges so,[8] wie sie sich[9] durch Zusammenfügung[10] der Eigenschaften der einzelnen Stoffe nach[11] dem Verhältnis,[12] wie die Stoffe im Gemisch[13] vorhanden[14] sind, berechnen[9] lassen. So ist zum Beispiel[15] die Farbe so, wie sie sich aus der gleichzeitigen[16] Wirkung[17] der einzelnen Farben ergibt[18]; das Mischen[19] der Farbstoffe in der Malerei[20] beruht ja hierauf. Darum brauchen wir die Eigenschaften der Gemenge nicht besonders[21] zu untersuchen.

B. Bitte,[22] erklären[23] Sie mir das näher.

A. Wenn der Kaufmann[24] angeschrieben[25] hat, daß 1 kg[26] einer Ware[27] einen bestimmten[28] Preis kostet,[29] so braucht er nicht anzuschreiben, wie viel ½, 10, 67 kg kosten, da

1. Cf. note on xxiv, 18. — 2. **fortlassen,** 'let go,' 'omit.' — 3. Cf. note on xx, 18. — 4. Cf. note on xiv, 5. — 5. Cf. note on x, 17. — 6. **und zwar,** 'and that.' — 7. **vereinigen,** 'unite,' 'combine'; cf. *ein*, 'one.' — 8. **so,** 'thus,' 'of such a kind.' — 9. **sie lassen sich berechnen,** 'they allow themselves to be computed,' 'they can be computed (rated, estimated).' — 10. **die Zusammenfügung,** 'joining,' 'junction.' — 11. **nach,** 'according to.' — 12. Cf. note on xxvii, 16. — 13. **das Gemisch** = *das Gemenge*, cf. note on xxv, 19. — 14. Cf. note on xxvi, 3. — 15. Cf. note on xiv, 12. — 16. Cf. note on xxv, 12. — 17. **die Wirkung,** 'effect.' — 18. **sich ergeben,** 'result,' 'prove to be.' — 19. **mischen,** 'mix,' used as a noun. — 20. **die Malerei,** 'painting'; **beruhen auf,** 'rest on,' 'be based on,' 'depend on'; **ja,** cf. note on ix, 5. — 21. Cf. note on xxvii, 17. — 22. **Bitte,** cf. note on xxiii, 1. — 23. **erklären,** 'explain'; cf. *klar*, 'clear.' — 24. **der Kaufmann,** 'merchant.' — 25. **anschreiben, schrieb . . . an, angeschrieben,** 'mark,' 'note,' 'set down.' — 26. **kg** = *kilogramm*. — 27. **die Ware,** 'article,' 'commodity'; cf. 'wares.' — 28. Cf. note on xiii, 12. — 29. Cf. note on xi, 12.

man dies leicht[1] berechnen kann. Ebenso kann man die Eigenschaften der Gemenge aus denen[2] der Bestandteile[3] berechnen und braucht deshalb nicht alle möglichen Werte[4] einzeln[5] nachzusuchen[6] und aufzuschreiben.[7] Alles, was man über das Gemenge fragen[8] kann, läßt sich aus der Kenntnis[9] der Bestandteile durch Rechnung schließen,[10] deshalb ist mit der Kenntnis der Bestandteile auch die[11] aller Gemenge aus ihnen gegeben. So besteht beispielsweise[12] das deutsche Münzsilber[13] aus $\frac{9}{10}$ Silber und $\frac{1}{10}$ Kupfer. Daher setzt[14] sich der Wert von einem Kilogramm dieses Metalls zusammen[14] aus $\frac{9}{10}$ vom Werte eines Kilo Silber und $\frac{1}{10}$ von dem eines Kilo Kupfer.

B. Dies sehe ich ein.[15] Aber ich kann doch nicht immer erkennen, ob[16] ein Gemenge vorhanden[17] ist. Wenn ich aus meinem Farbkasten[18] Blau und Gelb mische, so kommt Grün heraus und nicht ein Gemenge von Blau und Gelb.

A. Das liegt[19] nur daran, daß die Körnchen[20] der Farbe zu[21] klein sind, als daß Sie sie nebeneinander[22] erkennen könnten. Wenn Sie aber das Gemenge unter dem Mikroskop betrachten,[23] so sehen Sie die blauen Körnchen neben

1. **leicht,** adv., 'easily'; **berechnen,** cf. note on xxviii, 9. — 2. **denen,** demonstrative pronoun. — 3. '**der Bestandteil,** 'component part,' 'ingredient'; cf. *bestehen* (*aus*), 'consist (of),' and *der Teil,* 'part.' — 4. **der Wert,** 'value.' — 5. Cf. note on x, 17. — 6. **nachsuchen,** 'look for,' 'search for.' — 7. **aufschreiben** = *anschreiben,* cf. note on xxviii, 25. — 8. Cf. note on xi, 19. — 9. Cf. note on xxi, 6. — 10. **schließen, schloß, geschlossen,** 'conclude,' 'infer.' — 11. **die,** demonstrative pronoun. — 12. **die Weise,** 'way,' 'manner.' — 13. **die Münze,** 'coin.' — 14. **zusammensetzen,** 'compose,' 'compound.' — 15. Cf. note on xx, 17. — 16. Cf. note on xi, 6. — 17. Cf. note on xxvi, 3. — 18. **der Farbkasten,** 'color box,' 'color chest.' — 19. **liegt daran,** 'lies in this,' 'the reason of it is this.' — 20. **das Körnchen,** 'little grain,' 'granule.' — 21. **zu . . . könnten,** literally 'are too small than that you could,' etc., that is, 'are too small for you to be able to recognize them' or 'are so small that you cannot recognize them.' — 22. **nebeneinander,** 'side by side'; cf. *neben,* prep., 'near,' *einander,* 'one another.' — 23. **betrachten,** 'contemplate.'

und über den gelben. Ein blaues und ein gelbes Glas aber geben, übereinander gelegt, Grün. Wenn also das Licht von den gelben Körnern durch blaue geht, oder umgekehrt,[1] so wird es grün.

B. Aber wenn nun beide Stoffe weiß sind, dann kann ich sie auch unter dem Mikroskop nicht nebeneinander erkennen, und ich kann doch nicht wissen, ob es ein Gemenge ist.

A. Wenn ich also je[2] einen Löffel voll Zucker und weißem Streusand[3] mische, dann kann ich es dem Gemenge allerdings[4] nicht ansehen,[5] daß es aus zweierlei[6] besteht. Aber wenn ich Zucker in Wasser schütte,[7] wie verhält[8] er sich dann?

B. Er zerfließt,[9] und das Wasser wird später wieder ganz klar und schmeckt[10] süß.

A. Und wie verhält sich Streusand?

B. Er macht das Wasser trübe.[11]

A. Und macht es nicht süß. Wenn ich nun mein Gemenge von Streusand und Zucker in Wasser schütte, so wird es das Wasser trübe machen, wie Streusand, und süß, wie Zucker. Also kann ich doch beide nebeneinander erkennen.

B. Ja, so geht[12] es.

A. Warum geht es so? Nun, ich will es Ihnen sagen. Die Farbe ist ja[13] nicht die einzige[14] Eigenschaft, welche die Stoffe besitzen[15] und an welcher man sie erkennen und

1. **umgekehrt,** literally 'turned round' from *umkehren;* that is, 'conversely,' 'vice versa.' — 2. **je,** 'respectively,' 'of each'; **der Löffel,** 'spoon.' — 3. **der Streusand,** 'writing-sand'; cf. *streuen,* 'strew.' — 4. **allerdings,** *not* 'all things,' but 'it is true,' 'to be sure.' — 5. **ansehen,** with dative, 'see in,' 'see in looking at.' — 6. **zweierlei,** 'two kinds of things.' — 7. **schütten,** 'pour' (loose pieces of a solid). — 8. **sich verhalten,** 'behave,' 'act.' — 9. **zerfließen, zerfloß, zerflossen,** 'flow away,' 'melt,' 'dissolve.' — 10. Cf. note on xi, 13. — 11. **trübe,** 'troubled,' 'turbid.' — 12. Cf. note on xxvi, 19. — 13. Cf. note on ix, 5. — 14. **einzig,** 'only.' — 15. **besitzen, besaß, besessen,** 'possess.'

unterscheiden[1] kann. Auch das Verhalten[2] gegen Wasser ist eine Eigenschaft, und die[3] ist bei Zucker und Streusand verschieden,[4] während[5] die Farbe bei beiden gleich ist. Wenn man also sehr verschiedene Stoffe von einander unterscheiden will, so muß man nicht nur eine oder zwei von ihren Eigenschaften kennen, sondern recht[6] viele, damit[7] man immer eine Verschiedenheit ausfinden kann, wenn andere Eigenschaften gleich erscheinen.[8] Darum werden in der Chemie an den Stoffen viele und verschiedene Eigenschaften untersucht[9] und beschrieben.[10]

Jetzt eine andere[11] Frage. Bei den Bestandteilen[12] des Granits haben wir uns denken[13] können, daß wir sie nach der Farbe von einander sondern,[14] so daß wir jeden Anteil für sich hatten. Meinen[15] Sie, daß man auf irgend eine Weise[16] auch das Gemenge aus Zucker und Streusand trennen[17] kann?

B. Es sollte schon[18] möglich sein, ich weiß aber nicht, wie.

A. Sehen[19] Sie sich einmal[20] das Glas an,[19] in welchem ich das Gemenge mit Wasser zusammengerührt[21] hatte. Jetzt hat sich der Sand zu Boden gesetzt,[22] und der Zucker ist im Wasser aufgelöst.[23]

1. Cf. note on xxi, 9. — 2. **das Verhalten gegen,** 'behavior toward.' — 3. **die,** dem. pron. Use it as a relative pronoun: order of words? — 4. Cf. note on xviii, 14. — 5. **während,** 'while,' conjunction with transposed order; the preposition *während* is 'during,' with genitive. — 6. **recht** in the sense of 'very' is good German. — 7. **damit,** 'so that,' 'in order that.' — 8. Cf. note on xxv, 6. — 9. **untersuchen,** 'investigate.' — 10. **beschreiben, beschrieb, beschrieben,** 'de*scribe*'; cf. *verschreiben,* 'prescribe'; *einschreiben,* 'inscribe'; *zuschreiben,* 'ascribe.' — 11. What is the meaning of *noch eine Frage?* — 12. Cf. note on xxix, 3. — 13. Cf. note on xix, 17; **können,** instead of *gekonnt,* consult grammar. — 14. Cf. note on xxvii, 8. — 15. Cf. note on xii, 5. — 16. Cf. note on xxix, 12; **irgend ein,** 'any.' — 17. **trennen,** 'separate.' — 18. **schon,** 'surely.' — 19. Cf. note on xxi, 19. — 20. Cf. note on xi, 5. — 21. **zusammenrühren,** 'stir up,' 'mix up.' — 22. **sich zu Boden setzen,** 'settle.' — 23. **auflösen,** 'dissolve'; difference between *ist aufgelöst* and *wird aufgelöst?*

B. Ja, jetzt fällt[1] es mir ein[1]: man braucht das Wasser mit dem Zucker nur abzugießen,[2] dann bleibt der Sand im Glase zurück.

A. Werden die beiden dann vollständig[3] getrennt[4] sein?

B. Nein, alles Wasser kann man nicht abgießen; der Sand bleibt naß,[5] und an dem Wasser wird noch etwas (*some*) Zucker sein.

A. Nun sehen Sie zu,[6] wie man es doch machen kann. Ich habe hier ein kreisrundes[7] Stück von einem besonderen[8] Papier, das man Filtrierpapier heißt.[9] Es ist ähnlich[10] wie Löschpapier, denn es saugt[11] Wasser auf,[11] nur besteht es aus reinerem[12] und festerem Stoffe. Ich falte[13] das Papier zweimal übers Kreuz[14] und weite[15] es so auseinander, daß eine Art[16] Tüte[17] entsteht,[18] die auf der einen Seite eine einfache,[19] auf der anderen eine dreifache Lage[20] Papier hat. Das nennt man ein Filter. Ich setze[21] mein Filter jetzt in einen gläsernen Trichter[22] und benetze[23] es mit Wasser. Nun kann ich das Papier so an die Wand[24] des Trichters andrücken,[25] daß es überall[26] anliegt.[27] Der Trichter wird nun in einen Träger[28] gesetzt und ein Glas daruntergestellt[29] (Fig. 2).

1. **einfallen, fiel . . . ein, eingefallen,** 'occur.' — 2. **abgießen, goß . . . ab, abgegossen,** 'pour off.' — 3. **vollständig,** adv., 'completely.' — 4. Cf. note on xxxi, 17. — 5. **naß,** 'wet.' — 6. Cf. note on xxiv, 1. — 7. **kreisrund,** 'circular.' — 8. **besonder,** 'particular.' — 9. **heißen,** 'call.' — 10. **ähnlich wie,** 'similar to'; **das Löschpapier,** 'blotting paper.' — 11. **aufsaugen, sog . . . auf, aufgesogen,** 'suck up.' — 12. **rein,** 'clean,' 'pure'; **fest,** 'firm,' 'solid.' — 13. **falten,** 'fold.' — 14. **übers Kreuz,** 'crosswise'; **übers** for *über das.* — 15. **auseinander weiten,** 'widen,' 'enlarge'; cf. *auseinander,* 'one (part) from the other'; *weit,* 'large.' — 16. Cf. note on xii, 9. — 17. **die Tüte,** 'paper bag.' — 18. Cf. note on x, 11. — 19. Cf. note on xxiv, 18. — 20. **die Lage,** 'layer.' — 21. **setzen,** 'set,' 'place,' but *sitzen,* 'sit.' — 22. **der Trichter,** 'funnel.' — 23. **benetzen,** 'moisten.' — 24. **die Wand,** 'wall,' 'side.' — 25. **andrücken,** 'press close to.' — 26. **überall,** 'everywhere,' *not* 'over all.' — 27. **anliegen, lag . . . an, angelegen,** 'lie close to,' 'adhere.' — 28. **der Träger,** 'carrier,' 'support'; cf. *tragen,* 'carry.' — 29. **darunterstellen,** 'place under it.'

B. Wozu dient dies alles?

A. Um den Sand vollständig[1] vom Zucker zu trennen.[2] Wenn ich jetzt den Brei[3] aus Sand und Zuckerwasser in das Filter abgieße,[4] so läuft[5] das Wasser durch[5] und der Sand bleibt auf dem Filter.

B. Aber der Sand ist doch noch naß,[6] und etwas Zucker bleibt oben.[7]

A. Den wollen wir auch gleich[8] hinunterbringen.[9] Ich brauche[10] nur etwas reines Wasser ins Filter zu gießen; dies läuft durch und nimmt[11] das Zuckerwasser mit.[11]

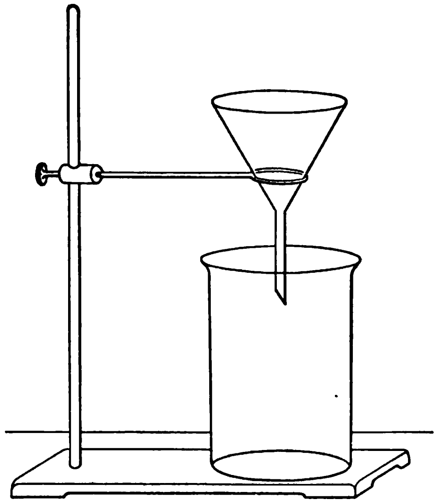


FIG. 2.

Um auch die letzten Reste Sand, die noch im Glase sind, auf das Filter zu bringen, benutze[12] ich das reine Wasser, um den Sand auf das Filter zu spülen.[13] Da es bei dem ersten Male nicht vollständig[14] sein wird, warte ich, bis das Wasser abgelaufen ist, und wiederhole[15] das Aufgießen[16] einige Male. So, jetzt sind wir fertig[17];

1. Cf. note on xxxii, 3. — 2. Cf. note on xxxi, 17. — 3. **der Brei,** 'mash,' 'wet mass.' — 4. Cf. note on xxxii, 2. — 5. **durchlaufen, lief . . . durch, durchgelaufen,** 'run through.' — 6. Cf. note on xxxii, 5. — 7. **oben,** adv., 'above.' — 8. **gleich** for *sogleich*, 'at once.' — 9. **hinunter,** 'down.' — 10. Cf. note on xiv, 5. — 11. **mitnehmen,** 'take (carry) along.' — 12. Cf. note on xii, 6. — 13. **spülen,** 'rinse.' — 14. Cf. note on xxxii, 3. — 15. Cf. note on xxv, 20. — 16. **aufgießen,** 'pour on'; infinitive used as noun. — 17. **fertig sein,** 'have done.'

wenn hernach[1] das Filter mit dem Sande trocken[2] geworden sein wird, werden wir ihn vollständig vom Zucker getrennt haben.

B. Aber wie kriegen[3] wir den Zucker?

A. Den wollen wir morgen haben. Ich gieße das durchgelaufene[4] Wasser in eine flache[5] Schale aus Porzellan oder in einen Teller[6] und stelle sie auf den warmen Ofen.[7]

B. Wozu?

A. Wie verhält[8] sich das Wasser, wenn man es auf den warmen Ofen stellt?

B. Es vertrocknet.[9]

A. Ja, es verdunstet[10]; es verwandelt[11] sich in Wasserdampf, der sich in der Luft zerstreut,[12] und in der Schale bleibt nichts nach. Verhält sich Zucker auch so? Wird er weniger, wenn er auf dem warmen Ofen liegt?

B. Nein, er bleibt da, bis ihn jemand aufißt.[13]

A. Richtig. Wenn ich nun das Wasser, in welchem der Zucker enthalten[14] ist, in die Wärme stelle, so verdunstet das Wasser, der Zucker bleibt aber zurück, und wenn alles Wasser verdunstet ist, ist in der Schale nur noch der Zucker vorhanden.[15] Auf solche Weise werden wir endlich[16] unser Gemenge von Zucker und Sand vollständig getrennt haben.

B. Ich bin neugierig,[17] wie der Zucker morgen aussehen wird.[18] Jetzt kann man nichts von ihm sehen, denn das Wasser ist ganz klar, und morgen soll er wieder da sein.

1. Cf. note on xvi, 8. — 2. **trocken,** 'dry.' — 3. **kriegen,** colloquially for *bekommen* or *erhalten*, 'get,' 'obtain.' — 4. Cf. note on xxxiii, 5. — 5. **flach,** 'flat,' 'level'; **die Schale,** 'cup,' 'bowl.' — 6. **der Teller,** 'plate.' — 7. **der Ofen,** 'stove,' *not* 'oven.' — 8. Cf. note on xxx, 8. — 9. **vertrocknen,** 'dry,' 'dry up.' — 10. **verdunsten,** 'evaporate.' — 11. **verwandeln,** 'change'; **der Wasserdampf,** 'steam.' — 12. **sich zerstreuen,** 'disperse,' 'scatter.' — 13. **aufessen, aß . . . auf, aufgegessen,** 'eat up.' — 14. **enthalten, enthielt, enthalten,** 'contain.' — 15. Cf. note on xxvi, 3. — 16. **endlich,** adv., 'finally.' — 17. **neugierig,** 'curious,' 'anxious' (to see). — 18. Cf. note on xi, 11.

4. Lösungen.[1]

B. Ist der Zucker da?

A. Hier ist die Schale; sehen[2] Sie einmal nach.[2]

B. Richtig, man sieht eine weiße Masse,[3] die wie Zucker aussieht. Daneben[4] ist aber noch etwas Flüssiges.[5]

A. Das ist der Rest des Wassers, der noch beim Zucker geblieben ist und erst langsam[6] fortgeht. Darin ist sehr viel Zucker aufgelöst,[7] darum ist die Flüssigkeit viel schwerer[8] beweglich als reines Wasser, und das Wasser daraus verdunstet auch langsamer.[6]

B. Aber der Zucker ist doch nicht so als Pulver herausgekommen, wie wir ihn genommen hatten.

A. Nein, er ist in der Gestalt von Kristallen erschienen.[9] Diese Kristalle hier in der Schale sind nicht groß und auch nicht deutlich[10] und schön ausgebildet. Aber hier habe ich anderen Zucker; kennen Sie ihn?

B. Ja, es ist Kandiszucker.[11]

A. Richtig. Solcher Kandiszucker wird aus gewöhnlichem[12] Zucker dadurch[13] gemacht, daß man ihn in warmem Wasser auflöst und ihn dann langsam sich abscheiden[14] oder kristallisieren läßt. Wenn man recht große Mengen[15] nimmt und die Kristallisation sehr langsam stattfinden[16] läßt, so entstehen[17] große, schöne Kristalle. Betrachten[18]

1. **die Lösung**, 'solution.' — 2. Cf. note on xxiii, 9. — 3. Cf. note on xviii, 13. — 4. **Daneben**, 'beside it,' 'along with it.' — 5. **flüssig**, 'liquid,' 'fluid'; adjective used as a noun; in the neuter, strong adj. declension after **etwas**. — 6. Cf. note on xx, 19. — 7. Cf. note on xxxi, 23. — 8. **schwer**, 'heavy,' 'hard,' 'difficult'; **beweglich**, 'movable'; *viel schwerer beweglich*, 'moves along with much greater difficulty.' — 9. Cf. note on xxv, 6. — 10. **deutlich**, 'distinct'; **ausbilden**, 'form.' — 11. **der Kandiszucker**, 'rock candy.' — 12. Cf. note on xvii, 10. — 13. Cf. note on xviii, 5. — 14. **(sich) abscheiden**, 'separate' (itself). — 15. Cf. note on xii, 20. — 16. **stattfinden**, 'take place.' — 17. Cf. note on x, 11. — 18. Cf. note on xxix, 23.

Sie den Kandiszucker nur[1] genau; jedes Stück ist ein Kristall.

B. Ja, jetzt erkenne ich überall[2] die glatten,[3] ebenen Flächen. Ist denn der gewöhnliche Zucker nicht aus Kristallen gebildet?

A. Doch,[4] nur sind die Kristalle viel kleiner. Hier ist ein Vergrößerungsglas,[5] eine Lupe; betrachten Sie einmal dadurch den Zucker aus der Zuckerdose.[6]

B. Er sieht aus wie Kandiszucker!

A. Auch der Hutzucker[7] besteht aus Kristallen; die sind aber durcheinander gewachsen,[8] und daher kann man sie nicht deutlich[9] erkennen. Aller dieser Zucker ist aus Lösungen abgeschieden,[10] und darum ist er auch stets[11] kristallinisch, das heißt, er besteht aus mehr oder weniger deutlich entwickelten[12] Kristallen.

B. Entstehen[13] immer Kristalle, wenn man eine Lösung verdunsten[14] läßt?

A. In den meisten Fällen. Aber um Kristalle zu erhalten,[15] braucht man nicht immer eine Lösung verdunsten zu lassen; es gibt[16] noch viele andere Mittel[17] dazu. Ein solches will ich Ihnen gleich[18] zeigen. Hier habe ich noch das Glas mit dem Kupfervitriol von neulich[19] (Fig. 3). Wenn ich etwas davon mit Wasser schüttele,[20] so löst er sich auf und das Wasser färbt sich blau.

1. Cf. note on xxiv, 1 and xvi, 10. — 2. Cf. note on xxxii, 26. — 3. **glatt**, 'smooth'; **eben**, 'even,' 'level'; **die Fläche**, 'surface.'—4. **Doch**, emphatic, 'yes, indeed,' 'to be sure it is.' — 5. **das Vergrößerungsglas**, 'magnifying glass'; cf. *größer*, 'greater'; **die Lupe**, 'pocket lens.' — 6. Cf. note on xi, 10. — 7. Cf. note on xii, 10. — 8. **wachsen, wuchs, gewachsen**, 'grow'; **durcheinander wachsen**, 'interlace.' — 9. Cf. note on xxxv, 10. — 10. Cf. note on xxxv, 14. — 11. **stets**, adv., 'always,' *not* a part of the verb *stehen*. — 12. **entwickeln**, 'develop.' — 13. Cf. note on x, 11. — 14. Cf. note on xxxiv, 10. — 15. **erhalten**, 'obtain.' — 16. Cf. note on xii, 8. — 17. **das Mittel**, 'means,' 'way.' — 18. Cf. note on xxxiii, 8. — 19. **neulich**, 'lately.' — 20. **schütteln**, 'shake.'

B. Warum machen Sie das in diesem Glasröhrchen[1]?

A. Das werden Sie gleich sehen. Solche Röhrchen braucht der Chemiker zu den meisten Versuchen,[2] wenn er nicht gerade mit großen Mengen[3] arbeiten will, und sie

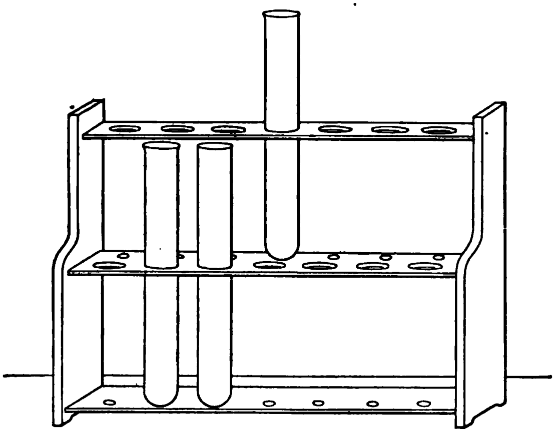


FIG. 3.

heißen[4] deshalb Probierröhrchen. Jetzt zünde[5] ich meine Spirituslampe (Fig. 4) an[5] und erhitze[6] das Wasser mit dem Kupfervitriol.

B. Nehmen Sie sich in acht,[7] das Glas wird springen[8]! Merkwürdig,[9] es springt nicht.

A. Solche Gläser springen nicht, wenn man sie richtig behandelt.[10] Nun sehen Sie nach dem Inhalt[11]; vorher war neben dem blauen Wasser noch Kupfervitriol vorhanden, jetzt verschwindet[12] er und die Lösung wird dunkler blau.

1. **das Glasröhrchen,** 'glass tube.' — 2. **der Versuch,** 'experiment.' — 3. Cf. note on xii, 20. — 4. **heißen,** cf. note on ix, 10; **das Probierröhrchen,** 'test tube.' — 5. **anzünden,** 'light.' — 6. **erhitzen,** 'heat.' — 7. **sich in acht nehmen,** 'take care.' — 8. **springen, sprang, gesprungen,** 'crack.' — 9. **Merkwürdig,** 're*mark*able,' 'strange.' — 10. **behandeln,** 'treat,' 'use.' — 11. **der Inhalt,** 'contents.' — 12. **verschwinden,** 'disappear.'

Ich kann jetzt noch mehr Kupfervitriol hineintun[1]; auch dieser löst sich auf. Wenn ich aber mehr und mehr zufüge,[2] so kann ich schließlich[3] die Flüssigkeit[4] zum Sieden[5] bringen, und es bleibt noch ein Rest im festen[6] Zustande. Jetzt setze[7] ich noch etwas Wasser zu[7] und erwärme noch einmal, dann geht alles in Lösung. Die klare Flüssigkeit wollen wir nun beiseite stellen.

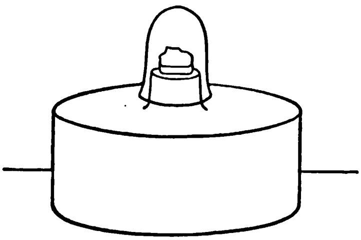


Fig. 4.

B. Aber warum ist vorher das Probierröhrchen nicht gesprungen? Glas springt doch,[8] wenn man es heiß macht.

A. Nicht immer. Sie wissen ja, daß man das Glas durch Schmelzen[9] herstellt. Dabei muß es sehr heiß gemacht werden; jedes Stück oder Gerät[10] aus Glas ist also heiß gewesen und doch nicht gesprungen.

B. Ja, aber Mutter hat mich doch neulich[11] gescholten,[12] weil ich heißen Thee in das Glas gegossen habe und es davon gesprungen ist.

A. Das ist nun auch wieder wahr. Hier ist ein Widerspruch[13] vorhanden,[14] den müssen wir aufzulösen[15] suchen. Wie kann man ein Glas sonst[16] zum Springen bringen?

B. Durch Schlagen,[17] Stoßen oder Brechen.

1. **hineintun,** 'put in.' — 2. **zufügen,** 'add.' — 3. **schließlich,** 'finally.' — 4. Cf. note on xxxv, 5. — 5. **sieden,** 'seethe,' 'boil.' — 6. Cf. note on xxxii, 12. — 7. **zusetzen** = *zufügen*, cf. note 2, above. — 8. Cf. note on x, 13. — 9. **schmelzen,** 'melt.' — 10. **das Gerät,** 'utensil,' 'apparatus.' — 11. Cf. note on xxxvi, 19. — 12. **schelten, schalt, gescholten,** 'scold,' 'reprimand.' — 13. **der Widerspruch,** 'contradiction.' — 14. Cf. note on xxvi, 3. — 15. **auflösen,** 'solve,' 'unravel'; *not* 'dissolve' in this connection. — 16. Cf. note on xiii, 17. — 17. **schlagen,** 'strike'; **stoßen,** 'knock,' 'hit'; **brechen,** 'break.'

A. Ja, indem[1] man das Glas in andere Gestalt[2] zu bringen versucht[3] und dabei verschiedene Stellen verschieden stark anstrengt.[4] Kann die Wärme auch einen Einfluß[5] auf die Gestalt des Glases haben?

B. Ja, die Wärme dehnt[6] alle Körper aus.[6]

A. Richtig, ein heißes Glas wird also etwas[7] größer sein, als ein kaltes. Haben Sie das einmal[8] gesehen?

B. Nein, es ist wohl[9] so wenig, daß man es nicht sehen kann.

A. Ich will es Ihnen doch zeigen. Hier habe ich eine ziemlich[10] lange Glasröhre. Ich spanne[11] sie mit einem

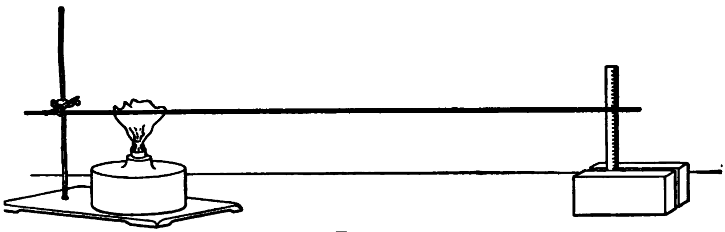


FIG. 5.

Ende fest[11] in einen Halter,[12] so daß sie wagerecht[13] steht, und stelle an das freie Ende ein geteiltes[14] Lineal. Merken Sie jetzt den Strich,[15] auf den das Ende zeigt. Damit[16] Sie es besser sehen können, klebe[17] ich eine schwarze Stecknadel[18] mit Wachs daran. Jetzt bringe ich meine Lampe unter die Röhre, so dass sie heiß wird (Fig. 5). Was sehen Sie?

1. Cf. note on xxvii, 15. — 2. Cf. note on xii, 17. — 3. **versuchen,** 'try.' — 4. **anstrengen,** 'strain.' — 5. **der Einfluß,** 'influence.' — 6. **ausdehnen,** 'extend,' 'expand.' — 7. **etwas,** 'somewhat.' — 8. **einmal,** 'ever.' — 9. Cf. note on ix, 9. — 10. **ziemlich,** adv., 'quite,' 'tolerably,' 'sufficiently.' — 11. **festspannen,** 'fasten.' — 12. **der Halter,** 'holder,' 'support.' — 13. **wagerecht,** 'horizontal.' — 14. **ein geteiltes Lineal,** 'a divided (graduated) rule (ruler).' — 15. **der Strich,** 'stroke,' 'line,' 'point.' — 16. Cf. note on **xxxi,** 7. — 17. **kleben,** 'stick.' — 18. **die Stecknadel,** 'pin.'

B. Das Ende geht erst[1] in die Höhe und dann wieder langsam[2] herunter. Merkwürdig!

A. Warum wundert[3] es Sie?

B. Ich hatte geglaubt,[4] die Nadel müsse vorwärts gehen. Denn da die Wärme das Glasrohr ausdehnt,[5] muß es länger werden.

A. Statt[6] dessen wird es krumm,[7] und zwar[8] nach oben. Nun, ich will es Ihnen erklären.[9]

B. Halten[10] Sie ein,[10] ich weiß es schon selbst. Das Rohr ist unten, wo die Flamme ankommt,[11] heißer geworden als oben und hat sich deshalb unten stärker ausgedehnt als oben, und davon ist es krumm geworden.

A. Richtig, und später ist es auch oben heiß geworden und hat sich wieder gerade (*straight*) gebogen.[12] Glas ist also etwas[13] biegsam[14]; wenn ich es aber zu stark biege —

B. So bricht es.

A. Jetzt können Sie auch erkennen, wenn ein Glas durch Hitze springt. Wenn man es ungleichförmig[15] erwärmt, so wird es dadurch gebogen, und, geschieht[16] dies zu stark, so muß es springen. Wird das Glas aber gleichförmig erwärmt, so geschieht es nicht. Der heiße Thee hat Ihr Theeglas im Inneren erwärmt, während[17] es außen noch kalt war, und davon ist es gesprungen.

B. Aber Ihr Probierrohr[18] ist innen kalt gewesen, als Sie

1. Cf. note on xv, 4; **in die Höhe,** 'up,' 'on high'; cf. *hoch*, 'high,' and *die Höhe*, 'height.' — 2. Cf. note on xx, 19. — 3. **wundern,** 'astonish.' — 4. Cf. note on xx, 9. — 5. Why not *dehnt aus?* — 6. **Statt,** prep. with gen., 'instead of.' — 7. **krumm,** 'crooked,' 'curved.' — 8. Cf. note on xxviii, 6. — 9. Cf. note on xxviii, 23. — 10. **einhalten,** 'stop.' — 11. **ankommen** (*an* = 'near'), 'come up.' — 12. **biegen, bog, gebogen,** 'bend.' — 13. Cf. note on xxxix, 7. — 14. **biegsam,** 'pliable,' 'flexible,' 'bendable.' — 15. **ungleichförmig,** 'unequally'; cf. *gleich*, 'like,' and *die Form*, 'form.' — 16. Cf. note on xviii, 6. — 17. Cf. note on xxxi, 5. — 18. Cf. note on xxxvii, 4.

es in die Flamme gebracht und es außen heiß gemacht haben; warum ist es nicht auch gesprungen?

A. Weil es aus sehr dünnem[1] Glase gemacht ist. Die Wärme ist schnell durch das ganze Glas gegangen. Auch kann man dünnes Glas viel weiter biegen, als dickes, bevor[2] es springt. Darum macht man alle chemischen Glasgeräte,[3] die man erwärmen will, aus dünnem Glase und sorgt[4] dafür, daß man nicht zu schnell und nicht einseitig[5] erhitzt,[6] damit[7] die Wärme sich recht gleichförmig[8] durch das Glas verbreiten[9] kann.

Aber jetzt wollen wir unsere Kupfervitriollösung besehen,[10] die inzwischen[11] kalt geworden ist.

B. Es ist wieder fester[12] Kupfervitriol im Gläschen!

A. Ich gieße[13] das Flüssige in ein anderes Glas ab[13] und nehme die festen Teile mit einem Glasstabe[14] heraus. Damit[7] sie trocken[15] werden, lege ich sie auf ein Stück Filtrierpapier, das die Flüssigkeit aufsaugt.[16] Betrachten Sie genau,[17] was sehen Sie?

B. Es sind wieder Kristalle.

A. Jawohl. Diese Kristalle sind nicht dadurch[18] entstanden,[19] daß die Lösung verdunstet[20] ist, sondern[21] dadurch, daß sie sich abgekühlt[22] hat.

B. Bitte,[23] erklären Sie mir das. Es scheint mir, ich verstehe es noch nicht ganz.

1. Cf. note on xxiv, 19. — 2. **bevor**, conj., 'before'; the preposition 'before' is *vor*. — 3. Cf. note on xxxviii, 10. — 4. **dafür sorgen**, 'see to it.' — 5. **einseitig**, 'one-sided'; as adv., 'on one side (only).' — 6. Cf. note on xxxvii, 6. — 7. Cf. note on xxxi, 7. — 8. Cf. note on xl, 15. — 9. **(sich) verbreiten**, 'spread.' — 10. **besehen**, 'inspect,' 'examine.' — 11. **inzwischen**, 'in the mean time.' — 12. Cf. note on xxxii, 12. — 13. Cf. note on xxxii, 2. — 14. **der Glasstab**, 'glass rod.' — 15. Cf. note on xxxiv, 2. — 16. Cf. note on xxxii, 11. — 17. Cf. note on xvi, 10. — 18. Cf. note on xviii, 5. — 19. Cf. note on x, 11. — 20. Cf. note on xxxiv, 10. — 21. Cf. note on x, 1. — 22. **(sich) abkühlen**, 'cool off.' — 23. Cf. note on xi, 19 and xxiii, 1.

A. Wenn Sie eine bestimmte[1] Wassermenge nehmen und Sie lösen[2] Kupfervitriol darin auf,[2] können Sie dann beliebige[3] Mengen Kupfervitriol in Lösung bringen?

B. Nein, hernach zergeht[4] es nicht mehr.

A. Richtig, eine gegebene Menge Wasser kann nur eine bestimmte Menge von einem anderen Stoff auflösen. Eine solche Lösung nennt man 'gesättigt[5]' —

B. Weil sie nichts mehr essen kann!

A. Wenn man aber eine solche Lösung erwärmt —

B. Dann wird sie wieder hungrig.

A. Ja, dann kann sie noch mehr auflösen. Wenn man sie dann aber wieder abkühlt,[6] dann kann die Lösung nicht behalten, was sie mehr aufgenommen[7] hat, und dieses scheidet[8] sich in fester Form, in Gestalt von Kristallen ab.[8]

B. Das ist eigentlich[9] ebenso wie beim Verdunsten; dort ging das Wasser weg und es war nichts mehr da, wodurch der Stoff in der Lösung bleiben konnte.

A. Richtig,[10] jedesmal,[11] wenn mehr von dem Stoff da ist als zu einer gesättigten Lösung gehört,[12] scheidet er sich in fester Gestalt ab. Später werden wir allerdings[13] noch eine andere Bedingung[14] kennen lernen, die hierbei erfüllt[15] sein muß. — Aber ich habe Sie noch gar nicht gefragt, was Sie gestern gelernt haben.

B. Gestern war von Gemengen und von gleichteiligen Stoffen die Rede.[16] Die Gemenge bestehen aus verschiedenen[17] Stoffen.

1. Cf. note on xiii, 12. — 2. **lösen . . . auf,** usually *auflösen* in the transposed order. — 3. **beliebig,** adj., 'any'; cf. note on xii, 18. — 4. **zergehen,** 'dissolve.' — 5. **sättigen,** literally 'satiate,' 'satisfy,' but chemically 'saturate.' — 6. Cf. note on xli, 22. — 7. **aufnehmen,** 'take up,' 'absorb.' — 8. Cf. note on xxxv, 14. — 9. Cf. note on xi, 4. — 10. Cf. note on xiv, 13. — 11. Cf. note on xiii, 11 and xvi, 13. — 12. Cf. note on x, 5. — 13. Cf. note on xxx, 4. — 14. **die Bedingung,** 'condition.' — 15. **erfüllen,** 'fulfill.' — 16. Cf. note on xxi, 1. — 17. Cf. note on xviii, 14.

A. Und wie kann man die Gemenge erkennen und trennen[1]?

B. Dadurch, dass die Bestandteile[2] verschiedene Eigenschaften haben. Z. B.[3] kann man sie auslesen,[4] wenn sie verschiedene Farbe haben, oder man kann einen in Wasser auflösen, und der andere bleibt zurück.

A. Ja, wenn der andere sich nicht auch in Wasser auflöst. — Aber die *Lösungen*, die dabei entstehen, sind sie Gemenge oder gleichteilige Stoffe?

B. Gemenge.

A. Warum?

B. Weil man sie aus verschiedenen Stoffen zusammensetzen[5] und auch wieder in ihre Bestandteile trennen kann.

A. Das ist so weit richtig, aber haben denn die Lösungen auch wie andere Gemenge solche Eigenschaften, die[6] sich aus denen der Bestandteile zusammensetzen?

B. Ja, die Lösung von Kupfervitriol ist doch blau wie der Kupfervitriol selbst, und eine Lösung von Zucker schmeckt[7] so süß wie Zucker.

A. Der Kupfervitriol und der Zucker sind doch feste Körper, aber ihre Lösungen sind flüssig wie Wasser. Wenn Sie einen anderen festen Körper, wie Sand, mit Wasser anrühren,[8] so wird ein Brei[9] daraus und keine Lösung.

B. Ja, das ist ein Unterschied.[10] Aber vielleicht[11] geht der Zucker in so kleine Teilchen auseinander, daß man sie nicht sehen und nicht fühlen kann.

A. Das kann man *glauben*,[12] aber nicht *beweisen*.[13] Denn wenn[14] man eine Lösung auch[14] unter dem stärksten

1. Cf. note on xxxi, 17. — 2. Cf. note on xxix, 3. — 3. Cf. note on xxvi, 9. — 4. **auslesen**, 'pick out,' 'select.' — 5. Cf. note on xxix, 14. — 6. Cf. note on xvii, 5. — 7. Cf. note on xi, 13. — 8. **anrühren**, 'stir up.' — 9. Cf. note on xxxiii, 3. — 10. Cf. note on xxi, 9. — 11. **vielleicht**, 'perhaps.' — 12. Cf. note on xx, 9. — 13. **beweisen**, 'prove.' — 14. Cf. note on xviii, 16.

Mikroskop betrachtet,[1] so sieht man durchaus keine verschiedenen Teilchen.

B. Aber vielleicht sind die Teilchen noch kleiner?

A. Darüber zu reden, ist unnütz,[2] da man die Sache nicht entscheiden[3] kann.

B. Es ist also bei den Lösungen etwas Besonderes,[4] was sie von den gewöhnlichen Gemengen unterscheidet.[5]

A. Jawohl, *Lösungen sind gleichteilige oder homogene Gemenge.*

1. Cf. note on xxix, 23. — 2. **unnütz,** 'useless.' — 3. **entscheiden,** 'decide.' — 4. Cf. note on xxxii, 8 and ix, 2. — 5. Cf. note on xxi, 9.

Exercises.

Die Stoffe.

PAGE IX TO PAGE XVI, LINE 12.

A.

1. Have you ever[1] studied chemistry? 2. When did you begin to learn something new about this science? 3. What is the name of this substance? 4. Name a few[2] of the substances of which we spoke last night.[3] 5. Such substances do not belong to the domain[4] of chemistry. 6. Those things were produced artificially, as it seems[5] to me. 7. Can you tell me of what this object[6] consists? 8. I do not know; I will ask my teacher about it. 9. You probably cannot express in words what you know about this subject. 10. This science is very closely related to mineralogy. 11. We spoke about it a few days ago.[7] 12. Therefore you should also understand what I have just[8] told you.

B.

1. What are the properties of this substance? 2. Do you think this is sugar? 3. How can you recognize it? 4. Did you recognize it by its taste or its appearance? 5. By what does one recognize substances? 6. Please[9] give me a piece of[10] that loaf sugar. 7. That sugar does not appear very clear. 8. You can change the property of that substance as you please. 9. Do you think that the shape and quantity of

1. **ever,** 'je.' — 2. **a few of,** 'ein paar von,' 'einige von.' — 3. **last night** = *yesterday evening.* — 4. **domain,** 'das Gebiet.' — 5. **seem,** 'scheinen.' — 6. **object,** 'der Gegenstand,' 'das Ding.' — 7. **a few days ago** = *before a few days.* — 8. **just,** 'eben.' — 9. **Please,** cf. note on xxiii, 1. — 10. **of,** 'von.'

an object belong to the properties by which chemical[1] substances are recognized?

C.

1. Our teacher told us that there were[2] certain properties which could not be changed. 2. They are called unchangeable properties. 3. Which are the unchangeable, definite properties of sugar? 4. Do the size and shape of a thing belong to these properties? 5. Why not? Because the size, the shape, and also the warmth of a thing are changeable. 6. Please show me those knitting-needles. 7. Well, what are they made of? 8. Why can you call iron a substance? 9. Are then paper and wood also substances?

D.

1. Do you know of what material Dutch tiles consist? 2. What did you ask, please? 3. I did not hear your answer. 4. Ask again, if you are in doubt. 5. This substance has remained the same, although I have dashed it to pieces. 6. Can you find your way through the park? 7. I do not suppose you know every single tree. 8. We must get acquainted with (learn to know) the main roads. 9. If we know them,.we can easily get from one place to another.

Die Eigenschaften.

PAGE XVI, LINE 13, TO PAGE XXV, LINE 16.

E.

1. Do you understand what I have told you about properties? 2. I understand all[3] you said last time. 3. You told me that we call substance everything of which an object consists. 4. That is not quite correct; this book contains[4]

1. **chemical**, 'chemisch.' — 2. Use subjunctive of indirect discourse. — 3. The relative pronoun (in this case 'was') must not be omitted. — 4. **contain**, cf. note on x, 14; **poem**, 'das Gedicht.'

poems, are poems substances? 5. We might[1] call them so, I presume, in a figurative sense.[2] 6. Perhaps,[3] but certainly not in the language of science. 7. In the latter the meaning of the word "substance" is limited to such things as are weighable. 8. And here we must be more particular about the meaning of every word than we are in the language of every-day life. 9. I agree with you, therefore we call substance everything of which a weighable object consists.

F.

1. It seems[4] to me that I have not learned much more than I had known before. 2. What do you want[5] to know now? 3. I should like[6] to know a little about the essence of substances. 4. I mean about that something that lies at the bottom of all substances. 5. Although I know — so to speak[7] — the outside of a substance, I have[8] not yet penetrated into the inner nature of it.[9] 6. If you insist[10] on the word "essence," I am going[11] to tell you something. 7. Can you not remember the fact that there are various kinds of substances? 8. Certainly; I remember that very well. 9. Can you take away the unchangeable properties from a substance? 10. The essence of a substance is formed by those unchangeable properties.

G.

1. Just imagine that all properties have been taken away from a substance; can you tell me what remains? 2. Nothing; for, if there are no properties, there is no substance.

1. Use 'können' or 'dürfen' in subjunctive preterit. — 2. **sense,** 'der Sinn'; use inverted order, beginning with *in a figurative sense.* — 3. **Perhaps,** 'vielleicht.' — 4. Cf. note on xlv, 5. — 5. **want to . . .,** 'wollen' or 'wünschen zu . . .' — 6. Subjunctive preterit of 'mögen.' — 7. **speak** = *say.* — 8. Cf. note on xix, 4. — 9. **of it** = *of the same.* — 10. Cf. note on x, 11. — 11. **be going to,** 'wollen.'

3. There is nothing that is higher or more essential than the properties (are). 4. Do you comprehend now that I am right? 5. Then correct (yourself of) the mistake you have made. 6. And avoid it. I am convinced that you will recognize your error and forget it soon. 7. As soon[1] as you have studied more chemistry. 8. All depends on the knowledge and definition of properties.

H.

1. Are you quite sure that color belongs to the unchangeable properties of substances? 2. You have expressed yourself in your answer in a very vague manner. 3. Because I am not quite sure. There is[2] here a piece of copper. 4. It seems to me, it does not look red, but green. 5. Look at the piece more closely[3]; it is old copper. 6. Scrape off the green; what color is under it? 7. It is red; in other respects[4] too the green does not look like copper. 8. What do you mean? 9. I think another substance must have been formed on the copper. 10. That substance was not there before. 11. Its green color covered the red copper. 12. Besides, it is crumbling and does not look like a metal. 13. Do not consider the color that accidentally appears on its surface as the color of the substance! 14. If we want to see its inner parts, we must dash it to pieces.

I.

1. Just try it. Do you see what I have in my hand? 2. It is a pretty piece of sulphate of copper. 3. It looks like a precious stone that has been ground. 4. Do you know how such crystals arise[5]? 5. If you want to learn anything from this crystal, break it to pieces. 6. You need not take this trouble. 7. You have not looked on attentively.

1. **As soon as**, 'sobald.' — 2. **There is**, *not* 'es gibt.' — 3. **closely**, 'nahe.' — 4. Cf. note on xiii, 17. — 5. Cf. note on x, 11.

8. You always forget something. 9. Test the thing thoroughly. 10. Otherwise you do not know whether or not you have made a mistake. 11. It seems to me the powder has become almost white. 12. You have not yet looked at this fragment.

J.

1. Take a few of[1] these small pieces of sulphate of copper. 2. The light has penetrated into the blue substance. 3. It cannot (come) out at once. 4. The bluer, the more beautiful it is. 5. You can tell me now why the larger pieces are darker than the smaller (ones). 6. Certainly; I know too why the foam on the waves of the sea appears so white. 7. On the other hand the huge[2] masses of water look dark blue or dark green.

Stoffe und Gemenge.

PAGE XXV, LINE 17, TO PAGE XXXIV, LINE 25.

K.

1. Can you repeat what I told you yesterday? 2. According as the substances are met with[3] in smaller or larger pieces their color is different. 3. What is the name of this large stone?[4] 4. Can you make paving stones from it? 5. Now I pound this piece of granite into small fragments. 6. What does that piece consist of and every piece that I have in my hands? 7. Put the black pieces together. 8. You have not paid attention. 9. The distinction that I pointed out is a very important (one). 10. I have separated these substances into three different little heaps. 11. With what substances does the chemist occupy himself? 12. There would be no end, if we should deal with the mixtures.

1. Cf. note on xlv, 2. — 2. huge, 'gewaltig.' — 3. be met with, 'sich vorfinden.' — 4. Translate literally or *how does one call the stone?*

13. We should never get through. 14. You must not concern yourself about every single mixture. I have told you so often before. Please do not forget it. 15. By mixing two different homogeneous substances in different proportions, you can [1] obtain many mixtures.

L.

1. You did not need to investigate those properties particularly. 2. We recognized them last time. 3. The art of painting, as you know,[2] is based on those principles. 4. Every merchant in the city has marked his prices of those goods too high. 5. Those [3] are the properties of the component parts; from them we can compute those of the mixtures. 6. I can not comprehend it; by mixing blue and yellow, I simply obtain green; I cannot see a mixture of blue and yellow. 7. Take your microscope and tell me what you see now. 8. I see the blue granules above and by the side of the yellow (ones). 9. Place a blue and a yellow glass, one over the other; what do you see?

M.

1. How does sugar behave when I pour it into water? 2. The sugar has melted away. 3. How about the white writing-sand? 4. The water has become turbid. 5. You must not imagine that color is the only property which is peculiar to substances. 6. You probably understand that in the case [4] of sugar and white writing-sand their behavior towards water is a very different (one), although [5] both have the same color. 7. What is to be done [6] in order to [7] distinguish different substances from one another? 8. It is not sufficient [8] to know

1. Cf. note on xv, 6. — 2. Translate **as you know** by one word. — 3. **Those,** neuter singular. — 4. **in the case of** = 'bei.' — 5. **although,** cf. note on xviii, 16. — 6. **to be done,** infinitive active. — 7. **in order to . . .,** 'um . . . zu . . .' — 8. **be sufficient,** 'genügen,' 'genug sein.'

only a few of their properties. 9. Can you describe how we have examined those various properties? 10. The component parts of granite were separated according to their different colors.

N.

1. Can you separate the sugar from the white writing-sand? 2. Do you not see how the sand has settled and the sugar has dissolved (itself) in the water? 3. It has never occurred to me before that all[1] we have to do consists in[2] pouring off the water with the sugar. 4. It seems to me the sand has remained in the glass. 5. The sand has become wet; the two substances have not yet been completely separated. 6. Give me a piece of that blotting paper, please. 7. It has sucked up all the water. 8. It ought to consist of a very solid material. 9. Have you folded the paper crosswise? 10. Widen it now. 11. It looks like a kind of paper bag. 12. Put the filter in that glass funnel. 13. Have you moistened it with water?

O.

1. You have not yet poured the clean water into the filter. 2. Indeed I have[3]; it has run through (it). 3. It has also taken the sugar-water along (with it). 4. Wait until the water runs off. 5. Repeat the process several times. 6. Where is that piece of blotting paper? 7. The filtering paper is on that table. 8. Have you done with your work? 9. Is the stove hot? 10. Pour the water that has run through the filtering paper into a bowl. 11. Put the bowl on the hot stove. 12. What do you see? Has the water dried up? 13. It has evaporated and the steam has dispersed in the air. 14. Somebody has eaten that sugar. 15. All the water had evaporated. 16. How did that piece of sugar appear yesterday?

1. Add rel. pron.; cf. note on xlvi, 3. — 2. **in pouring** = *therein that we . . . pour off.* — 3. **Indeed I have,** 'doch'; cf. note on xxxvi, 4.

Lösungen.

PAGE XXXV TO PAGE XLIV.

P.

1. I see that the sugar does not come out in the shape of powder. 2. Can you make rock candy from ordinary sugar? 3. Certainly; my teacher has often shown me how it is to be done. 4. I have made it by[1] having dissolved the ordinary sugar in warm water. 5. And then I have let it separate. 6. Do you recognize those smooth surfaces? 7. Take this magnifying glass; — have you noticed how the sugar appears now? 8. Did that piece of loaf sugar consist of crystals? 9. Has the solution evaporated? 10. How do crystals originate[2]?

Q.

1. Please give me the glass containing[3] the sulphate of copper. 2. Now shake it with water. 3. It has dissolved. 4. Will you try another experiment? 5. Why have you not lighted your alcohol lamp at once? 6. The glass has cracked. 7. You must take care; otherwise this glass will crack too. 8. The sulphate of copper has disappeared. 9. Why do you not put a little more sulphate of copper into the glass? 10. I will add some water and heat it once more. 11. How did it happen[4] that your glass did not crack? 12. Does glass always crack when it is heated?

R.

1. Are all bodies expanded by heat? 2. Take this glass tube and fasten it by one end to that support. 3. Give me one of those black pins and a little wax. 4. Put the lamp under

1. Cf. note on xviii, 5. — 2. Cf. note on x, 11. — 3. **containing . . . copper,** translate by a relative clause. — 4. Cf. note on xviii, 6.

the tube. 5. The glass is not getting (any) longer. 6. It has become curved. 7. Would you please explain to me how that has happened[1]? 8. The tube is getting hotter below. 9. Do you not see that you have heated it unequally? 10. Glass should not be heated too much and on one side only, or it must crack.

S.

1. The heat must spread slowly and uniformly through the glass. 2. Thick glass can not be bent so far as thin. 3. See to it that this glass tube does not crack. 4. Do these crystals arise because the solution evaporates? 5. No, the solution has cooled off. 6. Can any amount of sulphate of copper be dissolved in a given quantity of water? 7. What is a saturated solution? 8. What happens when such a solution is heated? 9. Can it be cooled off again? 10. Then what has been separated from such a solution is called crystals.

T.

1. Do you remember what we said about mixtures? 2. You said they consisted of various substances. 3. How did you recognize and separate those mixtures? 4. What can you say about the component parts? 5. Did you dissolve them in water? 6. Do you get a solution by mixing sand with water? 7. How do solutions differ from ordinary mixtures?

1. Cf. note on xviii, 6.

SCIENTIFIC GERMAN READER.

PART II.

Chemie.

I.

Die Chemie ist ein Teil der Naturwissenschaften. Sie betrachtet die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Körper. Alles, was einen Eindruck auf die Sinne macht, nennt man Körper; also[1] sind alle die unendlich mannigfaltigen Gegenstände, welche die Welt bilden, Körper. Man nennt Materie oder Stoff das, woraus die Körper bestehen, was also die Ursache ihrer Eigenschaften und der Eindrücke bildet, welche sie auf uns hervorbringen. Die Eigenschaften des Stoffs zu studieren,[2] bildet die Aufgabe zweier Naturwissenschaften, der Physik und der Chemie. Die Physik macht diejenigen Eigenschaften zur Aufgabe ihres Studiums, welche den Körpern gemeinsam sind, sowie diejenigen, welche mit den verschiedenen Arten der Bewegung zusammenhängen, die man als Gravitation, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektricität bezeichnet, ohne dass sie[3] dabei die Verschiedenheit des Stoffs und deren Ursachen in Betracht zieht. Die Chemie macht dagegen gerade die Verschiedenheit des Stoffs zum Gegenstande ihrer Forschung und Lehre. Diese beiden Aufgaben lassen sich[4] nicht immer völlig getrennt verfolgen und Physik und Chemie haben deshalb viele Berührungspunkte.

II.

Der Ursprung des Namens der Chemie hüllt sich in Dunkel. Einige leiten[1] ihn von dem griechischen Worte χυμός (Pflanzensaft)[2] ab,[1] andere wohl mit grösserem Recht von Χημία, einem alten Namen Ägyptens, da sich von diesem Lande aus chemische Geheimlehren in der nachklassischen Zeit verbreitet haben, die jahrhundertelang herrschten. Das klassische Altertum hat wohl Philosophen besessen, welche über das Wesen der Materie spekulierten, aber nicht experimentierten, und darum zu vagen und geringfügigen Vorstellungen über dieselbe gelangten.[3] Die Bearbeitung der Materie war Sklaven[4] überlassen und galt als unehrenhaft und so konnte auch die Kenntnis der Materie im klassischen Altertum nur geringe Fortschritte machen. In Ägypten führte der Durst nach Gold zu Versuchen, unechte Metalle in Gold zu verwandeln, und so zu dem Glauben und noch häufiger zu dem trügerischen Vorgeben, diese Kunst zu verstehen. Deshalb verbreiteten sich als Alchimie gewisse Geheimlehren über die Bereitung eines Elixirs, welches unechte Metalle in Gold verwandeln und das Leben verlängern könne.[5] Obgleich sich Spuren der Alchimie bis in die neuere Zeit erhalten haben, so nahm[6] die Chemie doch mit dem 15. Jahrhundert allmählich eine würdigere Gestalt an;[6] aber erst mit dem 17. Jahrhundert fing sie an eine selbständigere und wissenschaftlichere Form sich anzueignen.

III.

Robert Boyle[7] war der erste Präsident der Royal Society in London. In seinem *Sceptical Chymist* trat er im Jahre 1661 dem Autoritätsglauben seiner Zeit zuerst aufs entschiedenste entgegen. Durch die Logik seiner Beweise vernichtete er mancherlei alchimistische Irrlehren; er hatte auch schärfere Kenntnisse von den Erkennungszeichen verschie-

dener Substanzen. Er lehrte Gase untersuchen und zog[1] dadurch diese[2] für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen, bis dahin nicht gewürdigten Substanzen[2] in[1] den Kreis der chemischen Forschung. Nicht viel später stellte[3] Georg Ernst Stahl[4] in Deutschland die erste chemische Theorie auf,[3] die sogenannte Phlogistontheorie,[5] welche trotz ihrer Irrtümlichkeit das Verdienst hatte, verschiedene chemische Erscheinungen unter einem Gesichtspunkte zu vereinigen, also wissenschaftlich zu verknüpfen. Mittlerweile mehrte sich die Kenntnis von den Gasen; Henry Cavendish[6] wies[7] das Wasserstoffgas als Bestandteil des Wassers nach.[7] Joseph Black[8] fand, dass Kohlensäure ein wesentlicher Teil der Pottasche und der Kreide sei, und Joseph Priestley[9] entdeckte 1774 und nicht viel später auch Karl Wilhelm Scheele[10] das Sauerstoffgas. Diese Entdeckung wurde in Antoine Laurent Lavoisier's[11] Händen zur Grundlage der wissenschaftlichen Chemie. Dieser erkannte, dass Verbrennung die Vereinigung brennbarer Körper mit Sauerstoff sei und dass diese Körper bei ihrer Verbrennung um ebensoviel an Gewicht zunehmen, als sie Sauerstoff in sich aufnehmen. Er erkannte, dass bei keinem chemischen Prozess Materie verloren geht oder entsteht und bewies also die Unzerstörbarkeit der Materie. Er gab den Begriffen 'zusammengesetzte' und 'einfache' Körper den scharf bestimmten Inhalt, welchen sie noch heute besitzen. Er setzte[12] die Wage[13] in ihre Rechte ein[12] und machte die Chemie zu einer quantitativen, zu einer exakten Wissenschaft. Von da an mehrten sich die Fortschritte derselben in wunderbarer Weise. Wenzel[14] hatte schon geahnt, dass sich die Körper nur in bestimmten Gewichtsverhältnissen miteinander vereinigen. Dalton[15] und Gay-Lussac[16] erweiterten diese Beobachtungen und der erstere begründete darauf die Atomtheorie, die Grundlage der theoretischen Chemie. Zahlreiche neue Substanzen wurden entdeckt; nicht nur die Mineralwelt, auch die Pflan-

zen- und Tierwelt, die organische Natur, ward der Chemie dienstpflichtig. Neue Theorien drängten und vervollkommneten einander.

IV.

Die theoretische Grundlage der Chemie, wie sie aus den Entdeckungen der Genannten und ihrer Nachfolger hervorgegangen[1] und gegenwärtig von der überwiegenden Mehrzahl der Chemiker angenommen wird, ist folgende. Die Körperwelt ist trotz ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit aus einer beschränkten Zahl von Substanzen zusammengesetzt, in welche man dieselbe zerlegen kann. Substanzen, welche bisher durch kein Mittel in andere zerlegt werden können, werden mit dem Namen Elemente oder Grundstoffe bezeichnet, die Substanzen, welche aus der Verbindung von Elementen entstehen oder welche in Elemente zerlegt werden können, heissen zusammengesetzte Körper oder Verbindungen. Niemals kann man durch rein mechanische Mittel einen zusammengesetzten Körper in seine Grundstoffe zerlegen. Man mag Eisenoxyd[2] (die Verbindung des Eisens mit Sauerstoff) noch so fein zerreiben, niemals wird man auf diese Weise daraus metallisches Eisen und Sauerstoff wieder herstellen können. In einzelnen, wenn auch seltenen Fällen genügt zu einer solchen Zerlegung die Zufuhr von Wärme. So kann durch Erhitzen das Silberoxyd in seine Bestandteile Silber und Sauerstoff zerlegt werden. So kann das Wasser durch die Hitze einer weissglühenden Platinkugel in Wasserstoff und Sauerstoff, seine Bestandteile, zerlegt werden. Leichter gelingt[3] in vielen Fällen die Zerlegung einer Verbindung durch den galvanischen Strom. Wenn man die Pole einer galvanischen Batterie in Wasser taucht, so entwickelt sich am negativen Pol Wasserstoff, am positiven Pol Sauerstoff. Aber in den meisten Fällen hat man zur Zerlegung einer

Verbindung zu solchen Substanzen seine Zuflucht genommen,[1] welche zu einem ihrer Bestandteile eine vorwaltende Anziehung besitzen. Wenn man z. B.[2] aus Eisenoxyd Eisen darstellen will, so glüht man das Eisenoxyd mit Kohle, weil die Kohle zu der Substanz, welche mit dem Eisen im Eisenoxyd verbunden ist, d. h. zum Sauerstoff, eine grössere Anziehung besitzt als das Eisen. Der Sauerstoff verlässt darum das Eisen und tritt an die Kohle und verwandelt sie in Kohlensäure, während das Eisen aus seiner Verbindung entlassen wird. Die chemische Anziehungskraft der Elemente zu einander wird auch als chemische Verwandtschaft (Affinität) bezeichnet. Um anzudeuten, dass dieselbe von einem Element zu einem zweiten grösser oder kleiner ist als zu einem dritten, dass sie also[3] verschieden ist zwischen Elementen verschiedener Natur, hat man das Wort Wahlverwandtschaft erfunden. Die Verwandtschaft oder chemische Anziehung folgt nicht denselben Gesetzen wie die Gravitation oder physikalische Anziehung der Körper, insofern sie nur auf die kleinsten Entfernungen wirkt. Körper müssen mit einander in unmittelbarer Berührung sein, um chemisch auf einander zu wirken, am besten müssen sie sich also im gasförmigen oder flüssigen (geschmolzenen oder aufgelösten) Zustande befinden, damit sie sich vollständig mischen und ihre kleinsten Teile einander berühren können.

V.

Chemische Verbindungen können nur in ganz bestimmten Gewichts- oder Volummengen vor sich gehen.[4] Ein Liter Sauerstoffgas verbindet sich mit 2 Liter[5] Wasserstoffgas zu Wasser. Ist[6] mehr als ein Liter Sauerstoffgas vorhanden, so bleibt dieser Überschuss unverbunden zurück. Ein Liter Sauerstoff wiegt 16mal soviel als ein Liter Wasserstoff.

Setzt[1] man das Gewicht von einer Raumeinheit, z. B. von 1 Liter Wasserstoffgas als Gewichtseinheit fest,[1] so kann man also sagen, dass 2 Gewichtsteile Wasserstoff sich mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 18 Gewichtsteilen Wasser verbinden. Wie hier der Sauerstoff sich mit dem Wasserstoff nach ganz bestimmten Zahlenverhältnissen verbindet, so haben alle einzelnen Elemente gewisse Zahlen, welche die relativen Verhältnisse ausdrücken, in denen sie Verbindungen eingehen. Da man annehmen muss, dass bei chemischen Verbindungen die kleinsten Teile der Elemente sich gegenseitig anziehen und miteinander verbinden, so kann man auch sagen, diese Gewichte sind den kleinsten Teilen der Elemente eigentümlich. Es[2] sind die Gewichte der kleinsten Teile der Elemente. Man hat für die beiden Worte 'kleinster Teil' ein einziges Wort in die Chemie eingeführt, nämlich Atom, d. h.[3] 'Unteilbares'; man bezeichnet deshalb diese[4] den Elementen eigentümlichen Zahlen,[4] welche ausdrücken, in welchen Gewichtsverhältnissen sie sich mit einander verbinden, als ihre Atomgewichte.

Um die Atomgewichte der Elemente zu finden, hat man durch sehr genaue Versuche festgestellt, in welchen Gewichtsmengen die Elemente sich mit einander vereinigen. Mit Hilfe der so gewonnenen Zahlen und Zeichen drückt nun die Chemie in der kürzesten Weise eine Menge von Thatsachen aus; durch das Zeichen H_2O z. B. die folgenden: Eine Raumeinheit, d. h. 16 Gewichtseinheiten, also 1 Atom Sauerstoffgas verbindet sich mit zwei Raumeinheiten, d. h. 2 Gewichtseinheiten, also 2 Atomen Wasserstoffgas zu 18 Gewichtseinheiten Wasser. Für diese relative Menge Wasser, die aus der Verbindung von 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff entsteht, war es nötig, ebenfalls ein Wort zu finden. Man wählte dafür das Wort 'Teilchen' oder Molekül und bezeichnet damit die Menge einer Verbindung, die aus der Vereinigung der Atome ihrer Elemente hervorgeht,

während man mit 'Atom' die kleinste Menge eines Elementes ausdrückt, das in Verbindung eintritt. Manche Chemiker gebrauchen jedoch, nach dem Vorgange von Berzelius,[1] das Wort 'Atom' in einem weiteren Sinne. Sie bezeichnen damit nicht allein die kleinste Menge eines Elementes, sondern auch die kleinste Menge von gewissen zusammengesetzten Körpern (Radikalen), die sich bei der Bildung von Verbindungen wie Elemente verhalten.

VI.

Die Elemente sind entweder 'Metalle,' d. h. sie haben die Eigenschaften des Glanzes, der Leitungsfähigkeit[2] für Wärme und Elektricität, die wir als metallische Eigenschaften bezeichnen, oder sie entbehren diese Eigenschaften ganz oder teilweise und heissen dann 'Metalloide.' Die Metalloide bilden durch ihre Verbindung mit Sauerstoff und Wasserstoff vorzugsweise Säuren; die Metalle aber vorzugsweise Basen, d. h.[3] Körper, welche sich mit Säuren zu Salzen umsetzen. Beide, sowohl Metalle wie Metalloide, zeigen folgende sehr wichtige Verschiedenheiten, welche eine einfache Klassifikation der Chemie verstatten. Ihre Atome verbinden sich entweder mit 1 Atom Wasserstoff oder 1 Atom eines Elementes, welches sich seinerseits mit 1 Atom Wasserstoff verbindet. Solche Elemente heissen 'einwertig' oder 'univalent.' So verbindet sich 1 Atom Chlor Cl mit 1 Atom Wasserstoff H zu Salzsäure HCl, mit 1 Atom Natrium Na zu Kochsalz NaCl und deshalb heissen Wasserstoff, Chlor, Natrium einwertige Elemente. Oder 1 Atom eines Elementes verbindet sich mit mehr als 1 Atom Wasserstoff oder eines anderen einwertigen Elementes und solche Elemente heissen 'mehrwertig' oder 'polyvalent.' Ein Atom Sauerstoff O verbindet sich mit 2 Atomen Wasserstoff zu Wasser H_2O, 1 Atom Quecksilber verbindet sich mit 2

Atomen Chlor Cl_2 zu Sublimat Hg Cl_2, und deshalb werden Sauerstoff, Quecksilber und viele andere Elemente, die sich ihnen in dieser Beziehung ähnlich verhalten, als 'zweiwertig' oder 'bivalent' bezeichnet. Andere Elemente sind dreiwertig und fünfwertig; der Kohlenstoff repräsentiert die Klasse der vierwertigen Elemente; nur von wenigen Elementen ist man genötigt, eine noch höhere Wertigkeit, z. B. die Sechswertigkeit oder Hexavalenz anzunehmen.

VII.

Die Aufgabe der theoretischen Chemie ist, die Entstehung der mannigfaltigen Körperwelt zu erklären und diese zahlreichen Körper zu ordnen und auf dieser Grundlage erhebt sich also das Lehrgebäude der heutigen Chemie. Dasselbe wird in verschiedene Abteilungen geteilt: in die synthetische und die analytische, die mineralische und die organische, die reine und angewandte Chemie. Endlich muss ein Teil der Physik als physikalische Chemie dazugezählt werden. Die synthetische Chemie beschreibt die Eigenschaften der Elemente und ihrer Verbindungen und gibt an, wie die letzteren aus den Elementen gebildet werden können. Daher ihr Name synthetische, d. h. zusammensetzende Chemie. Ihr gehört[1] die grössere Anzahl der chemischen Thatsachen an,[1] welche durch neue Entdeckungen täglich vermehrt werden und an deren[2] Auffindung eine sehr grosse Anzahl von Chemikern aller Zeiten teilhaben. Sie bildet den Lehrgegenstand, welcher als Experimentalchemie bekannt ist. Im Gegensatz zur synthetischen beschäftigt sich die analytische Chemie mit der Zerlegung der Verbindungen in ihre Bestandteile, entweder um durch bestimmte Erkennungszeichen (Reaktionen) zu erfahren, welche Bestandteile darin vorhanden sind (qualitative Analyse) oder um zu bestimmen, in welchen Ge-

wichtsmengen diese Bestandteile darin vorkommen (quantitative Analyse). Die analytische Chemie ist die praktische Grundlage der chemischen Forschung und der erste und wesentlichste Unterrichtsgegenstand in den chemischen Laboratorien.

Von einem andern Gesichtspunkt ausgehend, wird die Chemie in die anorganische und die organische geteilt. Die anorganische Chemie umfasst die Körper und Verbindungen, welche uns das Mineralreich liefert, oder die sich unmittelbar von diesen ableiten lassen; während die organische Chemie die dem Pflanzen- und Tierreich entstammenden Produkte und deren Abkömmlinge umfasst.

VIII.

Der reinen Chemie steht die angewandte Chemie gegenüber, d. h. die Anwendung der Chemie auf andere Zweige des Wissens und Könnens. So spricht man von einer physiologischen Chemie, d. h. der Anwendung der Chemie auf die Physiologie, die Erkenntnis des tierischen und pflanzlichen Lebens im Zustande der Gesundheit, von einer pathologischen Chemie, d. h. ihre Anwendung auf die Erkenntnis des Lebens im Zustande der Krankheit. Man bezeichnet mit mineralogischer, mit geologischer Chemie die Anwendung der Chemie auf die Kenntnisse der Mineralien und des Baues der Erde. Man nennt Agrikulturchemie die Anwendung der Chemie auf die Erkenntnis der Gesetze des Ackerbaues und verehrt mit Recht als den Schöpfer dieses einflussreichen Wissenszweigs Justus von Liebig,[1] dem auch die Physiologie einen grossen Teil ihrer chemischen Grundlage verdankt. Die toxikologische Chemie lehrt die Gifte erkennen, die pharmaceutische lehrt Heilmittel bereiten. Die technische Chemie lehrt die Anwendung der Chemie auf die Gewerbe. Ohne Zahl und

unschätzbar sind die Anwendungen, welche chemische Lehren und häufig die[1] dem praktischen Leben fernstehendsten chemischen Entdeckungen[1] auf die Gewerbe oder Heilkunst gewonnen haben. Der Handel und der Ackerbau werden durch die Erkenntnis einer neuen chemischen Thatsache häufig aus alten Bahnen geworfen und in neue Wege gelenkt. Nach allen Richtungen hin hat die Chemie das Leben und seine Erkenntnis durchdrungen und mit Recht erfreut sie sich immer wachsender Teilnahme. Denn abgesehen von dem nationalökonomischen Vorteil, den sie als Grundlage der Industrie gewährt, teilt sie mit andern weniger populären exakten Wissenschaften den pedagogischen Vorteil, dem Geiste jene Vorsicht und Bescheidenheit mitzuteilen, welche den eignen Sinnen und fremder Autorität in gleicher Weise misstraut und nichts als wahr annimmt,[2] was nicht aus dem läuternden Feuer immer wiederholter Beobachtung mit völliger und ungetrübter Sicherheit hervorgeht.

IX.

Chemische Formeln sind abgekürzte Bezeichnungen für die Zusammensetzung der chemischen Verbindungen. Als Grundlage der Formeln dient das[3] jedem einzelnen Element gegebene Zeichen oder Symbol,[3] welches aus den Anfangsbuchstaben des lateinischen[4] meistens aus dem griechischen abstammenden Namens[4] des betreffenden Elementes gebildet ist. So steht H für *hydrogenium*, d. i. Wasserstoff, O für *oxygenium*, d. i. Sauerstoff, S für *sulfur*, d. i. Schwefel, N für *nitrogenium*, d. i. Stickstoff. Wenn die Namen zweier oder mehrerer Elemente mit demselben Buchstaben anfangen, so fügt man zu dem letzteren noch einen hinzu, z. B. B ist das Symbol für Bor, Bi für Wismut; C ist das Zeichen für Kohlenstoff, Cu für Kupfer (lateinisch

cuprum). Chlor Cl kommt von dem griechischen χλωρός, das gelblich-grün bedeutet, und das ist die Farbe von Chlor. Man sieht, dass durch Annahme dieser Zeichen eine internationale, jedem Chemiker verständliche Schriftsprache geschaffen ist.[1]

Chemische Prozesse sind die Vorgänge, welche bei der Bildung und Zersetzung chemischer Verbindungen stattfinden.[2] Sie vollziehen sich nicht allein in den Kolben[3] und Retorten der Chemiker, es beruhen vielmehr die wichtigsten Vorgänge des Lebens, die[4] der Gesamterhaltung der Natur, die[4] des Werdens[5] und des Vergehens auf chemischen Prozessen. Der Sonnenstrahl, welcher die grüne Zelle des Blattes trifft, ruft einen chemischen Prozess hervor, indem er Kohlensäure und Wasser zersetzt und sie zu organischer Substanz umformt. Die Nahrung wird in ihrer Zubereitung durch chemische Prozesse umgewandelt und für die Ernährung tauglich gemacht; in den Körper gebracht, finden neue chemische Prozesse statt, durch welche ihre Bestandteile umgebildet und so verwandelt werden, dass sie zu Blutbestandteilen werden können. In allen Organen der Tiere wie der Pflanzen vollziehen sich chemische Prozesse, die das Wachstum und die Vermehrung bedingen. Die Erhaltung der Wärme des Körpers ist[6] auf einen ganz bestimmten chemischen Prozess zurückzuführen.[6] Beim Tode beginnen neue chemische Prozesse, durch welche das Material, aus welchem der alte unbrauchbar gewordene Körper zusammengesetzt ist, zu neuen Lebensfunktionen erweckt wird. Aber nicht immer vollziehen sich die chemischen Prozesse so unmerkbar. Wenn wir den mächtig auflodernden Blitz, den betäubenden Donnerschlag einer Pulverexplosion wahrnehmen — wenn wir sehen, wie dabei[7] Gebäude zusammenstürzen, Menschenleben zu Grunde gehen, so haben wir es wieder mit den Folgen eines chemischen Prozesses zu thun: Salpeter, Schwefel und Kohle haben sich zu neuen Ver-

bindungen vereinigt. Wenn im glühenden Flusse aus dem geöffneten Hochofen[1] Hunderte von Centnern geschmolzenen Eisens herausfliessen, so ist ein chemischer Prozess beendet; Eisenoxyd ist durch Kohle in Gusseisen[2] und Kohlensäure verwandelt. Wenn Felsen allmählich zerbröckeln,[3] wenn ihre Trümmer zu Staub zerfallen und zu fruchtbarer Ackererde[4] werden, wiederum sind es chemische Prozesse, durch welche dies herbeigeführt ist; die Bestandteile des Gebirges haben neue Verbindungen eingegangen, durch welche der Zusammenhang der früheren gelockert ist. So gehen um uns her wahrnehmbar und unserem Auge verborgen die mannigfachsten chemischen Prozesse vor sich und zwar ununterbrochen und in steter Reihenfolge; Leben und Sterben ist der Kreislauf eines grossen chemischen Prozesses.

X.

Chemisches Laboratorium nennt man die Arbeitsstätte des Chemikers. Dasselbe dient entweder Lehr- oder Forschungs- oder Erwerbszwecken. In gerechter Würdigung des Einflusses, welchen die Chemie auf sämtliche Naturwissenschaften ausübt, sind gegenwärtig in Deutschland alle höheren Lehranstalten mit[5] zum grossen Teil mustergültig eingerichteten Laboratorien[5] ausgestattet, welche die Aufgabe haben, die Lernenden in die Wissenschaft einzuführen und sie zu der Fähigkeit eigener Forschung auszubilden. Nachdem durch die Vorträge der theoretischen Chemie Kenntnis der chemischen Grundsätze und Kenntnis der allgemeinen Eigenschaften der Körper erworben ist, soll der Schüler im Laboratorium zunächst lernen mit chemischen Körpern umzugehen, gewisse Fertigkeit im Behandeln chemischer Prozesse erwerben und chemisches Denken sich zu eigen machen. Zweckmässig bildet dabei die qualitative Analyse den Anfang; an richtig ausgewählten und systema-

tisch auf einander folgenden Gegenständen lernt dabei der Schüler die Eigenschaften aller häufiger oder seltener vorkommenden Elemente kennen und benutzt dieselben, um in unbekannten Verbindungen die darin enthaltenen Stoffe aufzufinden. Die qualitative Analyse bildet die Grundlage aller ferneren Arbeiten im Laboratorium wie im praktischen Leben des Chemikers; es kann daher nicht zu viel Fleiss auf dieselbe verwandt werden, und man hüte[1] sich, einen Schüler zu anderen Arbeiten übergehen zu lassen, so lange er dieselbe nicht nach allen Richtungen hin[2] vollständig beherrscht. Daran schliesst sich die quantitative Analyse, welche man zweckmässig an[3] von dem Schüler selbst dargestellten Präparaten[3] von chemischer Reinheit und genau bekannter Zusammensetzung ausführen lässt, um ihm selbst zu ermöglichen, die[4] von ihm erlangten Resultate[4] auf ihre Richtigkeit kontrollieren zu können. Dann kann[5] zu einfacheren eigenen Forschungen übergegangen werden.[5]

Ausser den Laboratorien der öffentlichen Lehranstalten gibt es jetzt eine grosse Anzahl von Privatlaboratorien, deren Inhaber sich die Aufgabe stellen, gegen Entgelt[6] chemische Untersuchungen der verschiedensten Art auszuführen, und vielfach von Gewerbtreibenden, Kaufleuten und Fabrikanten benutzt werden, um Auskunft über die verschiedensten Gegenstände des täglichen Lebens zu erhalten. Bei Benutzung derselben vergesse man nicht, dass die Ausführung einer chemischen Untersuchung, wenn sie auf gewissenhafte Weise geschehen soll, eine meist nicht leichte Aufgabe ist, dass sie vielmehr eine Summe von Kenntnis, wie von Arbeitskraft und auch die Verwendung von kostbaren Apparaten und Utensilien erfordert. Mit zweckentsprechend eingerichteten Laboratorien sollten alle Fabriken versehen sein, in denen chemische Prozesse zur Ausführung kommen. Es gibt viele solcher Fabriken, deren grossartiger Betrieb auf rein empirischer Grundlage basiert ist. In diesen ereignet

es sich nicht selten, dass bedeutende Summen vergeudet werden, die durch eine einfache chemische Untersuchung hätten erspart werden können.[1] Da die chemischen Laboratorien den verschiedensten Zwecken zu dienen haben, so müssen ihre Einrichtungen diesen Zwecken angepasst sein; ein für Lehrzwecke dienendes Laboratorium bedarf einer ganz anderen Ausrüstung als das einer Zuckerfabrik, dieses einer anderen wie das einer Sodafabrik. Es lassen[2] sich daher in dieser Beziehung keine allgemein gültigen Normen aufstellen;[2] dasjenige, was für das eine Laboratorium nötig ist, ist für ein anderes überflüssig. Ein mustergültig eingerichtetes Universitätslaboratorium ist das im Jahre 1868 von Kolbe in Leipzig errichtete, in welchem alle notwendigen Einrichtungen in zweckmässigster Weise vereint sind und bei dessen Konstruktion keine Kosten gescheut wurden, durch welche Nützliches hätte geschaffen werden können,[3] während andererseits aller unnötige Luxus vermieden ist.

XI.

Entdeckung des Sauerstoffs.[4]

Im Jahre 1774 wurde von dem englischen Chemiker Priestley[5] und unabhängig von ihm in demselben Jahre auch von dem deutschen Apotheker Scheele[6] und ferner von Lavoisier[7] in Frankreich ein Gas entdeckt, das unter dem Namen Sauerstoff (*oxygenium*) in der Wissenschaft bekannt ist. Diese Entdeckung muss eine Epoche im Bereich des menschlichen Wissens genannt werden, da sie die Grundlage der heutigen Chemie wurde. Ungeachtet dessen, dass Scheele und Priestley vor Lavoisier Sauerstoff in reinem Zustande erhielten, wird die Ehre und das Verdienst der Entdeckung dieses Gases doch nur Lavoisier zugeschrieben und zwar aus einem einfachen Grunde. Es bedeutet wenig, irgend etwas zu entdecken, mag dasselbe noch so wichtig

sein;[1] es ist aber sehr wichtig und nötig, das Verhältnis der neuen Entdeckung zu schon bekannten Thatsachen festzustellen und den Weg zu weiteren Entdeckungen und zweckmässiger Anwendung derselben zu zeigen. Und dies war das Verdienst Lavoisier's.

Die Untersuchungen Scheele's und Priestley's wurden unter dem Einfluss der damals geltenden theoretischen Vorstellungen über den Bestand der Körper geführt. Obwohl die Ergebnisse ihrer Versuche im Widerspruche mit diesen Anschauungen standen, konnten Scheele und Priestley sich nicht von der hergebrachten Theorie lossagen. Der grosse Geist Lavoisier's dagegen verliess, sobald er den Widerspruch der alten Anschauung mit seinen Entdeckungen bemerkte, die bisher befolgten Wege und stellte der Natur[2] Fragen, auf welche dieselbe ihm kategorische und klare Antworten für die Formulierung neuer leitender Grundsätze in der Chemie gab. Es waren Antworten, welche zur Entdeckung vieler[3] neuer in der Natur vorhandener Stoffe[3] führten, unter denen der Sauerstoff den hervorragendsten Platz einnahm.[4]

Schon vorher hatten gründliche Forscher durch Versuche gefunden, dass beim Verkalken[5] der Metalle und beim Atmen etwas aus der Luft angezogen wird; es liess sich also[6] mit Recht daraus folgern, dass die Körper beim Verbrennen, statt eines Bestandteiles beraubt,[7] vielmehr mit einem anderen Stoffe verbunden werden. Gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts wurde dies auch mit völliger Gewissheit dargethan. Zwei der grössten Chemiker, die je gelebt haben, die obenerwähnten Priestley und Scheele, fanden fast gleichzeitig und jeder für sich, dass die atmosphärische Luft aus zwei Luftarten besteht, also nicht einfach ist, dass der eine Bestandteil derselben beim Verbrennen des Schwefels, des Phosphors, beim Verkalken der Metalle, beim Atmen der Tiere angezogen wird, um sich mit den

Körpern zu verbinden, und dass ohne diesen Bestandteil in der Luft kein Brennen und kein Atmen stattfinden könnte. Diese Luftart wurde Feuerluft, auch Lebensluft, reine Luft genannt.

Den zweiten Teil der atmosphärischen Luft, welcher die grössere Menge derselben ausmacht und nicht zu atmen ist, nannte[1] man Stickluft oder verdorbene Luft.

Lavoisier bemühte sich zu zeigen, dass ohne Lebensluft keine Verbrennung möglich, und dass das Produkt einer jeden Verbrennung eine Verbindung der brennbaren Substanz mit der wägbaren[2] Grundlage der Lebensluft sei, dass also die Schwefel-, die Kohlensäure u. s. w.,[3] welche durch Verbrennung des Schwefels, der Kohle u. s. w. entstehen, solche Lebensluft-Verbindungen darstellen. Er nannte[4] daher die Lebensluft Oxygen (Sauerstoff). Er wies auch durch sehr sinnreiche und genaue Versuche nach, dass das Wasser aus Sauerstoff und der wägbaren Grundlage der brennbaren Luft bestehe und nannte daher letztere Hydrogen (Wasserstoff). Die verschiedenen Luft- oder Gasarten erklärte er für Verbindungen der wägbaren Stoffe mit einer unwägbaren Materie, die er mit dem Ausdruck 'calorique' (Wärmestoff) bezeichnete. Dieser Wärmestoff, der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, die Grundlagen der Kohlenwasserstoffe, Boraxsäure, der Kalk, das Natron, die verschiedenen Metalle waren nun die unzerlegten Stoffe, und so kam die Chemie auf einmal zu einer Menge von Elementen, deren Zahl sich durch spätere Entdeckungen immer noch vermehrte. Die französische Revolution entriss Lavoisier seinen geistreichen Arbeiten, indem sie ihn im Jahre 1794 dem Blutgerüste überlieferte.

Wie Scheele war also auch Lavoisier auf Grund seiner Versuche überzeugt, dass die Luft aus zwei verschiedenartigen Gasen besteht. Indem er sich die Priestley'schen

Erfahrungen zu nutze machte, dachte er an einen Versuch, der analytisch und synthetisch die Bestandteile der Luft und ihre quantitativen Verhältnisse nachweisen und auch die Möglichkeit geben sollte, die Eigenschaften der einzelnen Bestandteile zu untersuchen.

Diesen fundamentalen Versuch, den Lavoisier einigemale selbst wiederholte und vor Anderen ausführte, beschreibt er folgendermassen:

"Ich nahm einen geräumigen Kolben[1] mit sehr langem Halse und bog denselben so, dass er sich nach einer Seite neigte[2] und sein Ende die Form eines Hakens[3] bekam. Auf diese Weise konnte die Retorte[1] selbst in den Ofen gebracht werden, während das umgebogene[4] Ende ihres Halses unter eine Glasglocke[5] gestellt war, die in eine Quecksilberwanne[6] tauchte. In den Kolben legte ich 4 Unzen sehr reines Quecksilber, dann zog ich mittelst eines Siphons aus der Glasglocke etwas Luft heraus, so dass das Quecksilber zu einer Höhe stieg, die ich durch Aufkleben[7] eines Papierstreifens bezeichnete. Ich machte in diesem Moment eine genaue Beobachtung über den Stand des Barometers und des Thermometers. Nachdem auf diese Weise alles vorbereitet war, entzündete ich im Ofen ein Feuer, welches ich im Laufe von 12 Tagen immer in einer Stärke erhielt, dass das Quecksilber fast bis zum Siedepunkt erwärmt wurde. Am ersten Tage ereignete sich nichts Besonderes. Obwohl das Quecksilber nicht siedete, verdunstete es fortwährend und begann das Innere[8] des Kolbens mit kleinen Tröpfchen zu bedecken, zuerst mit sehr kleinen, die aber mehr und mehr sich vergrösserten, bis sie schliesslich von selbst herunterfielen und sich mit der übrigen Masse von Quecksilber wieder vereinigten. Am zweiten Tage sah ich auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmende rote Teilchen,[9] die sich bis zum fünften Tage an Zahl und Grösse vermehrten. Als ich nach Ablauf von 12 Tagen bemerkte, dass diese

Teilchen sich nicht weiter vermehrten, löschte[1] ich das Feuer aus[1] und liess das Gefäss abkühlen.

"Der Umfang der Luft im Kolben und in dessen Halse, sowie in dem leeren Teil der Glasglocke war unter normalem Druck und bei normaler Temperatur vor Beginn des Versuches = 50 Kubikzoll; am Schluss des Versuches, bei derselben Temperatur und demselben Druck, war der Umfang der Luft = 42–43 Kubikzoll. Ich sammelte sorgfältig das rote Pulver, das auf dem Quecksilber schwamm, trennte es von dem flüssigen Quecksilber so gut als möglich und wog es; sein Gewicht war 45 Gran.

"Die in der Glocke zurückgebliebene Luft hatte sich um ⅙ ihres ursprünglichen Umfanges vermindert, war untauglich geworden für das Atmen und unterhielt nicht das Brennen. Tiere, welche ich in diese Luft hineinbrachte, erstickten schon nach einigen Sekunden; und brennende Körper verloschen augenblicklich, als ob ich dieselben in Wasser tauchte. Andererseits nahm ich die 45 Gran des roten Pulvers, welches sich beim Erhitzen des Quecksilbers gebildet hatte, und brachte dasselbe in eine kleine Glasretorte, an welche ich Gefässe zur Aufnahme von flüssigen und gasförmigen Stoffen angefügt hatte.

"Indem ich diese Retorte erwärmte, bemerkte ich, dass die Masse des roten Pulvers zuerst dunkel wurde, und als die Retorte nahe am Glühpunkte stand, in derselben nichts zurückgeblieben war; in den angefügten Gefässen aber fand ich 41½ Gran metallisches Quecksilber und 7–8 Kubikzoll Gas — ein Gas, welches bedeutend stärker, als die gewöhnliche Luft, das Verbrennen von Körpern und das Atmen der Tiere unterstützte."

Lavoisier vereinigte dieses[2] aus dem roten Pulver ausgeschiedene Gas[2] mit der in der Glocke nach dem Erhitzen des Quecksilbers zurückgebliebenen Luft und bekam ein der gewöhnlichen atmosphärischen Luft ähnliches Gemisch.

Zuerst nannte er das so erhaltene Gas 'Luft, die ausserordentlich stark das Atmen unterstützt' ('éminement respirable'), später 'Lebensluft' (air vital), dann 'principe oxygène' und endlich gab er ihm den richtigen Namen 'Oxygène,' welchen er aus den griechischen Wörtern ὀξύς (sauer) und γεννάω (ich erzeuge) ableitete.

Untersuchen wir[1] jetzt die Eigenschaften des Sauerstoffs und seine Verwertung für die Zwecke der menschlichen Bedürfnisse. Der reine Sauerstoff findet, obschon er einen wesentlichen Bestandteil unzähliger Körper bildet, seiner kostspieligen Darstellung halber, nur eine beschränkte Verwendung.

Der Sauerstoff ist unter gewöhnlichem Druck und bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig und lässt sich als solcher durch keinen der fünf Sinne direkt aufnehmen, weil er weder Farbe noch Geruch noch Geschmack besitzt. Da er 1,108 mal schwerer ist als atmosphärische Luft und 1,60 mal schwerer als Wasserstoff ist, kann man ihn aus einem Gefässe in ein anderes mit Luft gefülltes bringen und seine Gegenwart durch einen glimmenden Span beweisen.

Der Sauerstoff lässt sich mit Hülfe von Kälte durch starken Druck zu einer Flüssigkeit zusammenpressen und verdichten. Für sich allein nicht brennbar, unterhält und steigert er die Verbrennung unter grosser Wärmeentwickelung; er ist also eines der wesentlichsten und unentbehrlichsten Mittel, um eine Verbrennung überhaupt zustande kommen[2] zu lassen. Entzündete, bis zum Glühen erhitzte oder nur glimmende Körper, wie z. B. glimmendes Holz, glühendes Eisen, entzündeter Phosphor, brennender Schwefel brennen in reinem Sauerstoffgas hellleuchtend und lebhaft mit grossem Lichtglanz.

Der[3] im Blut durch die Blutkörperchen[4] zurückgehaltene Sauerstoff[3] erzeugt im Organismus chemische Prozesse, die für die Fortdauer des Lebens und die Erhaltung der Wärme

im Körper notwendig sind. Deshalb ersticken schon nach einigen Sekunden Tiere, welche in einen Raum gebracht sind, in dem kein freier Sauerstoff vorhanden ist. Dagegen wirkt reiner Sauerstoff, kurze Zeit und in nicht allzu grosser Menge eingeatmet,[1] auf den tierischen Organismus anregend.[2] Bei grösseren Quantitäten treten bald Krankheitssymptome auf, die mit dem Tode endigen können.

Physik.

I.

Das Wort Physik kommt von dem griechischen φύσις, das Natur bedeutet. Die Physik bezeichnet in *weiterer Bedeutung* denjenigen Teil der Naturwissenschaft, welcher sich mit der Auffindung der Gesetze beschäftigt, nach welchen die verschiedenen Körper sich bilden und verändern, sowohl in ihren äusseren Formen als innern Zusammensetzungen, sowie in ihren Beziehungen gegen andere, nähere oder entferntere Körper. In diesem Sinne umfasst die Physik die Physiologie, die Chemie und die Physik im *engeren Sinne*. Diese letztere, die hier allein in Betracht kommt, behandelt alle diejenigen Veränderungen in den Formen und den Beziehungen der unorganischen Körper, welche ohne einen Wechsel der stofflichen Zusammensetzung eintreten, und sucht die Gesetze für dieselben aufzustellen. Zur Erreichung dieses Ziels schlägt die Physik einen zweifachen Weg ein, den der blossen Beobachtung und den des Versuchs oder des Experiments. Bei der blossen Beobachtung folgt der Physiker den einzelnen Erscheinungen, wie sie ihm gerade die Natur in einer gewissen Reihenfolge vorführt, mit Aufmerksamkeit und sucht ihren Zusammenhang zu erkennen. Beim Versuch greift[1] er selbständig in den natürlichen Verlauf der Vorgänge ein[1] und lässt, um die Wirkungsweise der einzelnen Kräfte deutlicher darzulegen, die Körper unter Verhältnissen auf einander wirken, unter welchen sie die Natur im gewöhnlichen Laufe der

Dinge zu jener Zeit nicht, ja selbst wohl niemals zusammengeführt haben würde. Mit Hilfe der Mathematik lassen sich dann aus den[1] an künstlichen Vorrichtungen wahrgenommenen Erscheinungen[1] die Gesetze der Wirkungsweise der zu Grunde liegenden[2] Kräfte herleiten.[3]

II.

Wenn auch die Bestrebungen zu einem Anfange der Physik bis auf die alten griechischen Philosophen wie Thales,[4] Anaximenes,[5] u. s. w. zurückgehen, so ist doch der Gewinn, den das Altertum dieser Wissenschaft gebracht hat, ein sehr geringer gewesen. Die alten Philosophen glaubten im allgemeinen, entgegengesetzt der Methode der heutigen Naturforschung, schneller ans Ziel zu gelangen, wenn sie, von einem allgemeinen Prinzip ausgehend, das Wesen der Dinge zu erkennen versuchten. Das Experiment, als Prüfstein des richtigen Vorschreitens, blieb ihnen um so mehr fremd, als ihre Ideen zum grossen Teil sehr unbestimmt waren und eben deshalb eine Anwendung auf die Wirklichkeit nicht gestatteten. Sobald klare Ideen mit dem Experiment sich verbanden, wie bei den Untersuchungen des Archimedes[6] über den Hebel und das Verhalten der in Wasser eingetauchten Körper, musste man sofort zur Auffindung der wahren Gesetze gelangen. Ausser jenen Arbeiten des Archimedes sind aus dem Altertum nur noch die Optik des Euklid,[7] die auf Flüssigkeiten sich beziehende Schrift des Hero von Alexandria,[8] sowie die namentlich von seiten der pythagorischen Schule[9] ausgeführten Untersuchungen über die Tonverhältnisse erwähnenswert.

Aber auch das Mittelalter hat die Entwickelung der Physik nicht gefördert. Zu dem Mangel an mathematischen Kenntnissen trat damals in der christlichen Welt noch die Herrschaft der scholastischen Philosophie,[10] während an-

dererseits die Araber, so sorgfältig sie auch[1] die Lehren des Altertums bewahrt haben, doch nicht hinreichende geistige Freiheit und Kraft zu einer selbständigen Entwickelung der Wissenschaft besassen. Der von den Arabern herrührende Gewinn beschränkt sich auf einige wenige Sätze der Optik, die mit der[2] von ihnen vorzugsweise gepflegten Astronomie[2] im Zusammenhang standen.

III.

Erst mit dem allgemeinen Wiedererwachen der Wissenschaften beginnt auch für die Physik eine neue Periode der Entwickelung. Als erster siegreicher Kampf gegen die Autorität der frühern Lehre erscheint die Aufstellung des neuen Sonnensystems durch Kopernikus.[3] Vor allem aber war es Galilei,[4] der zuerst in strenger Weise den Weg des Versuchs einschlug und dessen Bedeutung für eine erfolgreiche Erforschung der Natur durch seine eigenen glänzenden Entdeckungen in der Lehre von der Bewegung der Körper und vom Licht nachwies. Fast gleichzeitig unternahm Gilbert[5] in England eine experimentelle Untersuchung der magnetischen Kraft, bei welcher er auch die Anfänge der Elektricitätslehre schuf, und etwas später entdeckte Kepler[6] die Gesetze der Bewegung der Planeten in ihrem Laufe um die Sonne. War[7] bis dahin die Forschung vorzugsweise auf die Aufstellung der Gesetze gerichtet, denen die Erscheinungen in der Natur folgen, so begann man bald auch nach den Gründen zu fragen, welche jene Erscheinungen bedingen. Indes traten[8] Mangel an Ausbildung der Mathematik, namentlich der Mechanik, besonders aber auch der damals noch sehr beschränkte Kreis genau beobachteter Erscheinungen als wesentliche Hindernisse einer erfolgreichen Entwickelung[9] der Physik nach dieser Seite hin entgegen.[8] Doch die

Kenntnis der Thatsachen schritt ohne Unterbrechung vorwärts. Snell[1] und Descartes[2] gaben das wahre Gesetz für die Brechung des Lichts. Otto von Guerike[3] berichtigte und erweiterte durch die Erfindung der Luftpumpe die Kenntnis der Eigenschaften der Luft und zeigte die wichtigsten Eigenschaften der elektrischen Kraft, die jedoch von seinen Zeitgenossen nicht verstanden wurden. Huygens[4] führte die von Galilei begonnenen Untersuchungen über das Pendel weiter und benutzte dieses zur Regulierung der Uhren, lehrte auch die Gesetze der Centrifugalkraft und des Stosses kennen. Für die Optik schuf er (1690) die Grundlage der jetzt geltenden Wellentheorie.

IV.

Eine neue Epoche begann für die Physik mit der Aufstellung des Gravitationsgesetzes durch Newton.[5] Gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts fing die Elektricitätstheorie an rasch vorwärts zu schreiten. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Substanzen als Leiter und Nichtleiter (Isolatoren) wurde entdeckt. Das Vorhandensein zweier verschiedener Modifikationen der elektrischen Kraft wurde nachgewiesen, der sogenannten positiven und negativen Elektricität, deren Auftreten Franklin[6] durch eine grössere oder geringere Anhäufung des elektrischen Fluidums glaubte erklären zu können. Nach dieser Auffassung bildete sich Franklin seine Theorie über elektrische Ladung[7] und Entladung, die ihn zu der Erklärung des Blitzes als eines elektrischen Funkens führte (1752). Die speciellen Gesetze über die Anziehungen und Abstossungen elektrischer und magnetischer Massen gab gegen Ende des 18. Jahrhunderts Coulomb.[8] In der Wärmelehre wurde die Ausdehnung der Körper, besonders der Gase und Flüssigkeiten, seit dem Ende des 17. Jahrhunderts zur Messung

der Temperatur benutzt; doch dauerte es noch sehr lange, ehe das Thermometer ein wahres Messinstrument wurde.

V.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts erkannte Black,[1] dass zum Erhitzen gleichgrosser Massen chemisch differenter Substanzen verschiedene Wärmemengen (spezifische Wärme) erforderlich sind. Er erkannte auch, dass beim Übergange des festen Zustandes in den flüssigen und ebenso des flüssigen in den gasförmigen eine gewisse Wärmemenge gebunden wird (Blacks latente Wärme); er fand auch, dass bei dem Rückwärtsgehen aus dem gasförmigen in den flüssigen und festen Zustand dieselbe Wärmemenge wieder frei wird. Auch die Ansichten über die Dampfbildung klärten sich immer mehr, so dass Dalton[2] zu Anfang des 19. Jahrhunderts eine richtige Darstellung ihres Verhaltens zu geben vermochte. Ein ganz neues Feld eröffnete sich der Elektricität durch die Entdeckung Galvanis[3] (1791): der Erregung[4] von Zuckungen[5] in frisch getöteten Fröschen durch Belegungen aus zwei verschiedenen Metallen. Diese Entdeckung führte Volta[6] mittelst des von ihm konstruirten Kondensators zur Entdeckung der Kontaktelektricität, sowie zur Konstruktion der nach ihm genannten Säule. Nicholson[7] zeigte sehr bald die zersetzende Eigenschaft des Stroms dieser Säule, der für Humphrey Davy[8] 1807 das Mittel zur Darstellung der Metalle der Alkalien und Erden wurde. Die magnetischen Eigenschaften eines von einem elektrischen Strome durchflossenen Drahtes fand 1820 Örsted[9] (Elektromagnetismus). Unmittelbar darauf beobachtete Ampère[10] die Einwirkung zweier solcher elektrischer Leitungsdrähte auf einander (Elektrodynamik) und lehrte Arago[11] durch den elektrischen Strom weiches Eisen

magnetisch zu machen. Dann folgte durch Seebeck[1] 1822 die Entdeckung des sogenannten Thermomagnetismus, d. h. die Erzeugung elektrischer Ströme durch Erwärmung der Verbindungsstelle zweier heterogener Metalle. Hieran schloss sich 1832 die Entdeckung der sogenannten elektrischen Induktion durch Faraday.[2] Im Jahre 1845 zeigte ebenderselbe, dass alle Körper, auch die sogenannten nichtmagnetischen, eine Einwirkung des Magnetismus, und zwar abstossende (Diamagnetismus), erfahren. Die Kenntnis des Magnetismus unserer Erde war im Laufe des 19. Jahrhunderts besonders durch Humboldt,[3] Hansteen[4] und Gauss[5] gefördert worden. Auf Newtons Autorität gestützt, behauptete im 18. Jahrhundert die sogenannte Emanationstheorie des Lichts die Herrschaft, musste sie aber nach und nach im Anfang des 19. Jahrhunderts an die bereits von Huyghens[6] in ihren Grundzügen aufgestellte Undulationstheorie abtreten. Es wurde von Th. Young[7] und Fresnel[8] nachgewiesen, dass die Emanationstheorie unvereinbar sei mit den Erscheinungen der sogenannten Interferenz (Farben dünner Blättchen, Beugung u. s. w.[9]) und der von Malus[10] entdeckten Polarisation nebst den zahlreich dadurch erzeugten und von Arago[11] und anderen beobachteten Phänomenen, während die Undulationstheorie diese Erscheinungen ebenso wie die schon länger bekannten Vorgänge mit Leichtigkeit erklärte. Der von Seebeck[12] entdeckte Thermomagnetismus gewährte Melloni[13] ein Mittel zur genauern Untersuchung der Erscheinungen der strahlenden Wärme, die sich in allen Beziehungen den Lichtstrahlen analog zeigte, was die Auffassung sämtlicher Wärmevorgänge als Schwingungserscheinungen der Moleküle wahrscheinlich machte. Die Vorstellung von einem inneren Zusammenhang der verschiedenen Kräfte führte J. R. von Mayer[14] und Joule[15] (1843–49) zu dem Nachweise, dass eine gewisse Arbeitsleistung einer gewissen Wärme-

menge äquivalent ist. Also für jede verschwundene Wärmemenge kann eine gewisse Arbeit geleistet und, umgekehrt,[1] durch jede aufgewandte Arbeit eine entsprechende Wärmemenge erzeugt werden (mechanische Wärmetheorie).

VI.[2]

So darf also unser Jahrhundert mit einem gewissen Stolz auf eine grosse Reihe wichtiger Entdeckungen zurückblicken, durch welche wir in den Stand gesetzt sind, die Naturkräfte unserem Willen dienstbar zu machen. In vielen Fällen war allerdings nur nötig, Vermächtnisse weiter zurückliegender Zeiten unter neuen Gesichtspunkten zu verwerten. Ein Gebiet aber gibt es, das unser Jahrhundert als sein unbeschränktes Eigentum für sich in Anspruch nehmen kann, nämlich das Gebiet des Galvanismus; denn erst vor ungefähr hundert Jahren machte Galvani die ersten Beobachtungen über Erscheinungen, welche durch die nach ihm benannte Elektricität hervorgerufen werden. Und gerade dem Galvanismus war es vorbehalten, dem rastlosen Getriebe unserer Zeit seinen eigenartigen Stempel aufzudrücken. 1833 konstruirte Gauss[3] in Göttingen den ersten brauchbaren galvanischen Telegraphen, 1866 wurde Amerika durch das Kabel mit Europa verbunden und an die unzähligen Drähte, die teils über, teils unter der Erde den elektrischen Funken im Dienste der Menschheit leiten, schliessen sich seit dem letzten Jahrzehnt auch noch die Fernsprecheinrichtungen,[4] mit denen jetzt schon alle grösseren Städte versehen sind. Ohne Zweifel ist der Telegraph die wichtigste Erfindung unseres Jahrhunderts; es hat sich aber zu ihm in neuerer Zeit noch eine Maschine gesellt, die wie er dem Gebiete des Galvanismus angehört und gleichfalls ein wichtiger Faktor in der Kulturentwicklung zu werden verspricht. Es ist dies die Dynamomaschine mit

allen ihren zahlreichen Verwendungen. Wohl arbeitet sie zum grössten Teil noch in engbegrenzten Räumen; als Lichtmaschine ist sie aber wegen des sonnenhellen Glanzes, mit dem sie unser Auge zu blenden vermag, schon jedwedem[1] bekannt und immer häufiger wird auch die Anwendung derselben als Bewegungsmaschine. Vielleicht ist die Zeit nicht mehr allzufern, in der jedes Haus, wenigstens in den Städten, ausser mit einer Leitung von Gas und Wasser auch mit einer Leitung von Elektricität versehen ist.

VII.

Elektricität heisst ein eigentümlicher Zustand, in welchen alle Körper zunächst durch Reiben oder andere mechanische Molekularstörungen[2] (Spaltung, Stoss und Druck), dann auch durch verschiedene physikalische, chemische und selbst physiologische Prozesse vorübergehend versetzt werden können. Körper, welche jenen eigentümlichen oder elektrischen Zustand angenommen haben, nennt man elektrisch. Papierschnitzelchen,[3] Metallflitter,[4] Holundermarkstückchen[5] und andere leichte Körperchen werden von den elektrischen Körpern angezogen[6] und darauf wieder abgestossen.[7] Obwohl noch andere Eigentümlichkeiten (bläulicher Lichtschimmer, elektrischer Funke u. dgl. m.[8]) des elektrischen Zustandes auftreten können, so hat man doch die elektrische Anziehung und elektrische Abstossung und namentlich die letztere als das empfindlichste und verlässlichste Kennzeichen des Vorhandenseins von Elektricität ausgewählt und darauf Instrumente gegründet, welche Elektricitätsanzeiger oder Elektroscope heissen. Die letzte Ursache des elektrischen Zustandes nennt man ebenfalls Elektricität, elektrische Kraft oder elektrische Energie. Ob das Wort Elektricität im Sinne des elektrischen Zustandes oder der

elektrischen Energie (Kraft) genommen ist, ergibt sich stets aus dem jeweiligen[1] Inhalte des Satzes.

Das Altertum kannte von elektrischen Erscheinungen nur die Anziehung leichter Körperchen durch den geriebenen Bernstein[2] (Elektron). Erst der englische Arzt W. Gilbert[3] zeigte um 1600, dass ausser dem Bernstein auch noch eine grössere Anzahl anderer Substanzen, wie Glas, Edelsteine, Schwefel, Harze[4] u. s. w., durch Reiben dieselbe Eigenschaft, leichte Körper anzuziehen, erlangten. Bis zu seiner Zeit hielt man die elektrischen Erscheinungen für identisch mit den magnetischen; erst er wies[5] die[6] zwischen jener Anziehung und der Anziehung eisenhaltiger Körper durch einen Magnet vorhandenen Unterschiede[6] nach[5] und bezeichnete die Kraft, von welcher die erstere hervorgebracht wird, mit dem Namen der elektrischen, weil derlei Erscheinungen zuerst am Elektron (Bernstein) beobachtet worden waren. Indes von da an vergingen noch mehr als hundert Jahre, bevor die Kenntnis dieser elektrischen Kraft sich zu erweitern begann, denn die wichtige elektrische Abstossung, welche Otto von Guerike[7] zuerst beobachtet hatte (1663), ward erst später verstanden. Guerike erkannte auch schon den bläulichen Lichtschimmer (nicht zu verwechseln mit dem elektrischen Funken) beim Reiben seiner Schwefelkugel, sowie das elektrische Knistern. Eine raschere Entwickelung der Elektricitätslehre beginnt jedoch erst mit der Entdeckung Grays, dass gewisse Körper der Elektricität[8] eine leichte Fortpflanzung gestatten, dagegen andere ihrer Fortbewegung[8] einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, zu welchen letzteren gerade diejenigen gehörten, an welchen man bis dahin nach dem Reiben Elektricität bemerkt hatte. Die erste Klasse der Körper bezeichnet man jetzt mit dem Namen der elektrischen Leiter (Konduktoren); sie umfasst z. B. alle Metalle, das Wasser und die mit Wasser überzogenen oder durch-

drungenen Substanzen, sowie die bis zum Schmelzen erhitzten Salze, ferner verschiedene Körper, wenn sie feucht sind, so z. B. feuchte Luft, Holundermark, Stroh, Leinen, Baumwolle, Papier, dann auch lebende Pflanzen, Tiere und Menschen, den Erdkörper u. v. a.[1] Die zweite Klasse dagegen belegt man mit dem Namen der elektrischen Nichtleiter oder Isolatoren; sie heissen auch dielektrische[2] Körper und müssen möglichst trocken sein, und man rechnet z. B. dazu: Seide, Glas, Harz, Bernstein, Schwefel, Schellack und die trockne atmosphärische Luft. Die bestisolierende feste Substanz ist guter Schellack. Streng genommen[3] gibt es, ausser dem luftleeren Raum, keine eigentlichen Nichtleiter, sondern nur schlechte Leiter, welche man gewöhnlich als Nichtleiter bezeichnet. Körper, welche in der Mitte zwischen guten und schlechten Leitern stehen, nennt man Halbleiter. Zu diesen gehören Alkohol, Äther, trockenes Holz u. a. Durch Grays Entdeckung war es möglich geworden, die[4] durch Reiben eines nichtleitenden Körpers erregte Elektricität[4] auf einen andern leitenden Körper zu übertragen und auf ihm zurückzuhalten, indem man denselben überall mit Nichtleitern umgab (isolierte).

Durch derartige Mitteilung der Elektricität an isolierte Körper vermochte man bald darauf das gegenseitige Verhalten der[4] durch Reiben in den verschiedenen Körpern erzeugten Elektricität[4] zu prüfen und nachzuweisen, dass die[4] durch Reiben des Glases und Siegellackes (Harzes) mit Wolle erregten Zustände[4] zwei verschiedene einander gerade entgegengesetzte Modifikationen der elektrischen Kraft darstellen. Hierzu diente das einfachste Elektroscop oder das elektrische Pendel, d. i. ein isoliert hängender und leichter Leiter, z. B. ein an einem Seidenfaden befestigtes Holundermarkkügelchen. Während nämlich sowohl das geriebene Glas wie auch der geriebene Siegellack (Harz) das Kügelchen anzogen und darauf abstiessen, sich mithin

gleich verhielten, ergab sich ihre Einwirkung auf das Kügelchen, wenn ihm *schon zuvor* Elektricität mitgeteilt worden war, sehr verschieden. Hatte[1] nämlich dieses Kügelchen seine Elektricität durch eine geriebene Glasröhre[2] erhalten, so wurde es von einer[3] durch Reiben in ganz gleicher Weise elektrisch gemachten Glasröhre[3] zurückgestossen, dagegen von einer durch Reiben elektrisch gemachten Siegellackstange (Harzstab) angezogen. Hatte dasselbe dagegen seine Elektricität durch eine geriebene Siegellackstange erhalten, so wurde es, gerade umgekehrt, von einer geriebenen Siegellackstange abgestossen, von einer geriebenen Glasstange aber angezogen. Dufay unterschied daher diese beiden Modifikationen der elektrischen Kraft als Glaselektricität[4] und Harzelektricität,[5] während man sie etwas später als positive (+) und negative (—) Elektricität bezeichnete und diese Benennung bis heute behielt. Aus obigen Versuchen lässt sich schliessen: gleichnamige Elektricitäten und daher auch gleichnamig elektrisierte Körper stossen sich ab, ungleichnamige dagegen ziehen sich an. Ungleichnamige oder entgegengesetzte Elektricitäten von gleicher Menge vereinigen sich mit einander bei ihrem Zusammentreffen und heben sich in ihren Wirkungen auf; man sagt dann, sie neutralisieren sich.

VIII.

Galvanismus.[6]

Wenn die Frösche eine Zeitrechnung haben, so müssen sie das Jahr 1790 als einen Wendepunkt[7] ihrer Existenz ansehen, und nach dem Schicksal, welchem sie seit jenem Jahre verfallen sind, wäre es nicht wunderbar, wenn sie von da ab ein ehernes[8] Zeitalter rechneten. Denn Jahrtausende lang hatte das kaltblütige Geschlecht seinen naturgemässen

Kreislauf vollendet, in freier Entwicklung sich entfaltet, gelebt und geliebt, durch nichts in seinen Bestrebungen unterbrochen, als etwa durch die Gelüste eines Gourmands, welchem aus dem zahllosen Geschlecht einige Schenkel geopfert wurden. Mit der französischen Revolution aber, wenn auch nicht durch dieselbe bedingt, verfielen die Frösche einem Verhängnis, dem sie kaum jemals wieder entgehen können. Gehetzt,[1] gefangen, gequält, geschält, geköpft, getötet — ja, wenn es dies nur wäre, möchte es angehen,[2] das müssen sich alle Geschöpfe gefallen lassen,[3] deren Fleisch einen Braten, deren Haut einen Riemen,[4] deren Feder einen Schmuck oder deren Saft sonst etwas hergeben kann. Mit dem Tode ist denn doch die Qual vorbei. Wenn der Maulwurf aber, indem ihn die vom Bauer gelegte tückische Schlinge[5] in die Luft schnellt and heftige Atmungsbeschwerden seinem Leben die grösste Gefahr bereiten, wenn dieser den im nahen Sumpfe quakenden Frosch[6] um den Vollgenuss des Lebens beneidet, so ist er dümmer als ein Esel. Sobald er das Sterben überkommen hat, ist seine Qual zu Ende. Beim Frosch geht sie da erst an.

Der Frosch ist seit 1790 ein physikalischer Apparat. Sein Leben gehört nicht mehr der Natur — es ist der Wissenschaft verfallen. Der Tod selbst hat diesem neuen Eigentümer gegenüber seine Macht verloren. Der Frosch darf, obwohl ihm der Kopf abgeschnitten, die Haut abgezogen, die Muskeln aus einander geschält, das Rückgrat durchstochen worden ist u. s. w. — er darf noch nicht zur Ruhe eingehen, auf das Geheiss des Physikers müssen seine Nerven sich noch regen, seine Muskeln noch zusammenzucken, bis das letzte Tröpfchen Lebensfeuchtigkeit vertrocknet ist. Wie der Hanswurst[7] in der Komödie, muss er Munterkeit heucheln und tolle Sprünge machen, wenn ihm auch das Herz gebrochen ist.

Armes Tier! Und alles das hat Galvani auf dem Gewissen. Galvani, mit seinem vollen Namen Luigi Aloisio Galvani, war von 1775 an Professor der Anatomie an der Universität zu Bologna, seiner Vaterstadt, in der er am 9. September 1737 geboren worden war, und die er auch selten nur verlassen hat. Im Jahre 1797 seiner politischen Gesinnung wegen eine kurze Zeit von seinen Ämtern removiert, jedoch bald wieder in dieselben eingesetzt, starb er zu Bologna am 4. Dezember 1798. Seine Untersuchungen erstreckten sich ausser auf rein anatomische Gegenstände auch auf solche von physiologischer Natur, wie auf die Nervenreizbarkeit, und dabei war es, dass der Anatom eine Entdeckung machte, an der[1] Physiker bisher spurlos vorübergegangen waren. Die Geschichte war aber so:

Die Gattin des Bologneser Naturforschers war krank, und zu ihrer Stärkung wurden ihr die Brühen von Froschkeulen verordnet. Eines Tages, wie erzählt wird am 6. November 1780, lag nun zufällig eine Anzahl zu[2] diesem Zwecke abgehäuteter Frösche in dem Zimmer des Professors, welcher mit mehreren Genossen beschäftigt war, elektrische Versuche zu machen, da, wie er glaubte, der Elektricität[3] bei den Muskel- und Nervenfunktionen des Körpers eine wesentliche Mitwirkung zugeschrieben werden müsse.[4]

Bei diesen Versuchen wurde bemerkt, dass die getöteten Frösche allemal in eigentümliche Zuckungen gerieten,[5] wenn aus dem Konduktor der Elektrisiermaschine ein Funke schlug. Galvani vermutete eine Einwirkung der in der Luft enthaltenen Elektricität auf die Nerven, und um diese zu erforschen, hing er präparierte Froschschenkel mittels eines gebogenen kupfernen Drahtes an seinem eisernen Balkongeländer auf und suchte sie durch Hin- und Herschwenken mit möglichst viel Luft in Berührung zu bringen. Indessen verhielten sich dieselben ganz ruhig; wenn sie aber bisweilen an das Eisengeländer anschlu-

gen, dann zuckten sie bei jeder solchen Berührung heftig zusammen.[1]

Diese Thatsache und eine Anzahl[2] unter verschiedenen Abänderungen des Versuchs beobachtete, nicht minder merkwürdige Erscheinungen,[2] welche Galvani mit genauer Schilderung der Umstände veröffentlichte, machte[3] grosses und gerechtes Aufsehen. Galvani dachte sich,[4] dass durch die metallische Leitung eine besondere, der Elektricität ähnliche Flüssigkeit, welche nach ihm die galvanische Flüssigkeit genannt wurde, von den Nerven zu den Muskeln übergeführt werde,[5] und der Körper, der sich nach dieser Theorie wie eine geladene Leidener Flasche[5] verhalten würde, durch die Entladung in Zuckungen versetzt werde. Ein grosser Teil der Gelehrten hielt ziemlich lange an dieser Erklärung fest, trotzdem sie sehr bald durch die ausgezeichneten Untersuchungen Alexander Volta's widerlegt und an ihre Stelle eine neue und bei weitem bessere Theorie gesetzt wurde.

Volta ist zu Como am 19. Februar 1745 geboren. Bis zu Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts war er Professor der Physik an dem Gymnasium[6] seiner Vaterstadt, späterhin nahm er den physikalischen Lehrstuhl zu Pavia ein, bis zum Jahre 1804, wo er verabschiedet wurde. Napoleon I. ehrte den berühmten Forscher durch Ernennung zum Grafen und Senator von Italien; der Kaiser Franz[7] im Jahre 1815 zum Direktor der philosophischen Universität zu Padua. Das Ende seines Lebens verbrachte der grosse Gelehrte zu Como; er starb hier am 5. März 1827. Nahe seinem Geburtshause hat man seinem Andenken eine Marmorstatue errichtet.

Der elektrische Strom, Galvanismus. — Volta hatte als das Wesentliche in dem Galvani'schen Versuche erkannt, dass die metallische Leitung aus zwei verschiedenen Metallen, welche mit einander in Berührung gebracht werden,

bestehen müsse, und unsere Leser können sich von den galvanischen Fundamentalversuchen selbst überzeugen, wenn sie nach Anleitung von Fig. 1 einen Kupferdraht *c* und einen Zinkdraht *z* mit einander verlöten[1] oder auch nur durch Umwickeln in innige Berührung bringen, und mit dem einen Draht die Schenkelnerven, welche durch Abtrennung der untersten Rückenwirbel[2] bloss gelegt worden sind, mit dem anderen aber die Schenkelmuskel eines Frosches berühren. Bei jeder Berührung, sowie bei jeder Unterbrechung der Berührung, wird die Muskel in Zuckungen gerathen und diese Empfindlichkeit erhält sich ziemliche Zeit noch nach dem Tode des Tieres. Volta zeigte, dass bei Berührung zweier verschiedener Leiter fortwährend Elektricität entwickelt werde, und nahm an, dass an der Berührungsstelle das neutrale elektrische Gemisch sich zerlege, die positive Elektricität nach dem einen, die negative nach dem andern Metalle hin abströme. Da die Erzeugung und das Abfliessen der Elektricität ohne Unterbrechung fortdauert, so ist das Produkt ein galvanischer Strom genannt worden. Die Elektricität selbst ist nur in der Art ihrer Entstehung von der durch Reibung erzeugten verschieden, in allen ihren Eigenschaften aber derselben entsprechend. Ihren Entdeckern zu Ehren nennt man sie Galvanismus oder Voltaismus. Zur Erzeugung eines elektrischen Stromes ist aber ausser den beiden verschiedenen Metallen

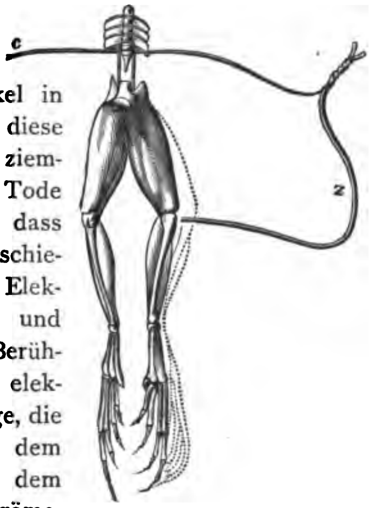


Fig. 1. — Der Volta'sche Versuch.

noch ein feuchter Leiter, der mit beiden in Berührung steht, notwendig, und wahrscheinlich ist der Ort der Elektricitätsscheidung nicht an der Berührungsstelle der Metalle, sondern an der Kontaktfläche derselben mit der Flüssigkeit zu suchen.

Elektromotorische Kraft. — Die Kraft, welche an der Berührungstelle die Elektricitäten scheidet, hat man elektromotorische Kraft genannt, ohne über ihre Natur eine scharfe Vorstellung zu haben. Es dürfte indessen als am wahrscheinlichsten[1] angenommen werden, dass, wie bei der Elektrisiermaschine die infolge mechanischer Kraftleistung erzeugte,[2] hier die[3] bei chemischen Prozessen freiwerdende Wärme[3] in Elektricität umgesetzt wird. Denn die chemischen Vorgänge spielen bei der Erzeugung der Berührungselektricität eine so bedeutende Rolle, dass wir sie als eine allgemeine und notwendige Bedingung ansehen können, und wo es uns nicht gelingt, sie direkt zu beobachten, wir lediglich den Grund in ihrer Subtilität und der Unvollkommenheit unserer sonstigen Erkennungsmittel suchen müssen.

Es liegt schon im Begriff des elektrischen Stromes, dass zur Erzeugung desselben die beiden berührenden Körper Leiter sein müssen. Namentlich erweisen sich die Metalle deshalb von grosser Fähigkeit. Allein die elektricitäterregende, elektromotorische Kraft ist nicht bei allen gleich gross, sondern es findet unter ihnen ein sehr merkwürdiges Verhalten sowohl in Bezug auf die Qualität als auch auf die Quantität der Elektricität statt. Während Kupfer, mit Zink berührt, negativ elektrisch wird und das Zink positiv, wird es, mit Gold in Kontakt gebracht, positiv und das Gold negativ, und so ist sein Verhalten, wenn es auch gegen dasselbe Metall immer dasselbe bleibt, doch gegen verschiedene auch ein verschiedenes. Die Leiter lassen sich daher in eine Reihe derart neben einander stellen, dass

jeder derselben negativ elektrisch wird, wenn er mit einem der vorhergehenden in Berührung gebracht wird; dagegen positiv, wenn er von einem der nachfolgenden berührt wird. Diese Reihe heisst die elektrische Spannungsreihe und ist für die hauptsächlichsten Elemente die folgende: Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle. Je weiter in ihr zwei Körper von einander abstehen, um so stärker ist die zwischen ihnen waltende elektromotorische Kraft.

Galvanisches Element. — In der einfachsten, abgerundetsten Form sehen wir den Vorgang des galvanischen Stromes bei einem sogenannten Elemente. Ein solches besteht aus weiter nichts als aus zwei verschiedenartigen Stücken Metall, die an der einen Seite sich berühren, während sie auf der andern durch eine leitende Flüssigkeit mit einander verbunden sind. In Fig. 2 ist z. B. ein Zinkstreifen mit einem Kupferstreifen an der obern Kante zusammengelötet und in ein Gefäss mit Salzwasser gestellt. Die elektromotorische Kraft scheidet an[1] den einander gegenüber liegenden Berührungsflächen der Metalle[1] mit der Flüssigkeit die elektrischen Gemische, die positive Elektricität sammelt sich auf dem Kupfer; die negative auf dem Zink,



FIG. 2. — Elektricitätserzeugung durch Berührung.

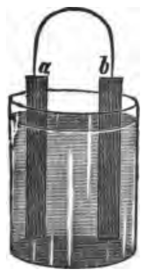


FIG. 3. — Galvanisches Element.

an der Berührungsstelle vereinigen sie sich. In dem Masse, wie die Vereinigung stattfindet, scheidet sich aber in der Flüssigkeit wieder Elektricität aus, die immer in derselben Art und ununterbrochen zur Vereinigungsstelle abströmt. Die Richtung[1] dieses elektrischen Stromes ist man übereingekommen nach der Richtung der positiven Elektricität zu bezeichnen; man sagt also hier, der Strom bewegt sich innerhalb der Flüssigkeit in der Richtung vom Zink zum Kupfer, ausserhalb der Flüssigkeit umgekehrt.

Es leuchtet ein, dass der elektrische Strom in derselben Weise stattfinden muss, wenn auch Zink und Kupfer nicht wie in Fig. 2 direkt mit einander in Berührung stehen, sondern wenn zwischen beiden ein anderer Leiter eingeschaltet ist, wie der[2] die beiden Metallplatten *a* und *b* verbindende Draht[2] in Fig. 3. Der Umstand, dass die Grösse der eintauchenden Oberflächen für den galvanischen Effekt massgebend ist, begünstigt ganz besonders die chemische Theorie der Stromentwicklung, welcher sich jetzt die Physiker immer entschiedener gegen die ältere Kontaktheorie zuneigen, der zufolge die Elektricität eigentlich aus nichts hätte entstehen müssen.[3]

IX.

Die Erfindung des Blitzableiters.[4]

Die dunkle, trübe Farbe, in die sich bei einem Gewitter der Himmel hüllt, das unheilverkündende Schweigen, welches dem nahen Ausbruch vorauszugehen pflegt,[5] der Sturm und Wirbel, der die verderbliche Wolke über unser Haupt führt — sie scheint sich zu öffnen und lässt dem erschrockenen Auge ein Meer von Feuer erblicken — fürchterliches Krachen, mit welchem der Donner sein langanhaltendes Rollen anhebt, bis es endlich, durch das Echo in den verschiedenen Luftschichten unterhalten,[6] in einem fernen fin-

stern Grollen dahinstirbt; vor allem aber der Blitz, der wie eine glühende Peitsche auf die Erde zuckt und Tod und Verderben, wo er einschlug, zurücklässt — alle diese Phänomene, majestätisch und erschütternd, üben auf die Einbildung den mächtigsten Einfluss und lassen in der Kindheit der Völker die Vorstellung von dämonischen Äusserungen göttlichen Willens im Gewitter entstehen. Jupiter regiert die Welt und der Blitz ist das Werkzeug seiner Kraft. Wohl alle Religionsanfänge identifizieren die oberste Gottheit mit der Ursache der Gewitter, und so lange eine naive Naturreligion sich unvermischt erhält, fragt man auch nicht nach anderen Ursachen dieser Erscheinung. Man nahm das Gewitter, wie die Sonne, das Wasser und die ganze Natur auf guten Glauben, ohne lange nach Gründen zu suchen,[1] und ertrug die schädlichen Einwirkungen als eine Schickung mit demüthiger Ergebung. Man konnte den Griffel nicht führen, der dem Blitze seine Bahn vorschreibt.

Erst nach der Reformation betrat man die richtigen Wege, auf denen man den tieferliegenden Ursachen der Dinge nachgehen konnte. In Bezug auf das Gewitter waren die aus diesem Bestreben hervorgehenden Ansichten freilich oft unglücklich genug. Man hielt den Blitz (Boerhaave[2] und Muschenbroek[3] noch, die sich eine[4] schon von Aristoteles aufgestellte empirische Ansicht[4] zurecht legten[5]) für eine Entzündung in der Luft schwebender, brennbarer, öliger und schwefliger Dünste,[6] denen man nach Bedürfnis — um die[7] den Wirkungen des Schiesspulvers ähnlichen Erscheinungen[7] zu erklären — Salpeter beigemengt sein liess.[8] Descartes[9] selbst meinte, dass der Blitz eine Lichterscheinung sei, die durch gewisse Zusammenziehungen von Wolkenpartien entstehe und mit denen eine grosse Wärmeentwicklung notwendig verbunden sein müsse; der Donner aber habe seinen Ursprung in dem Getöse, welches Wolkenmassen, wenn sie aus grosser Höhe plötzlich auf niedriger

liegende Wolken herabstürzen, hervorbringen müssten. Indessen liessen die Erfindung der Elektrisiermaschine und die damit anzustellenden[1] Versuche bald Gesichtspunkte gewinnen, von denen aus die Unzulänglichkeit der bisherigen Erklärungsversuche sich klar an den Tag legen musste.

Wall, ein englischer Physiker, war der erste (1708), welcher dem Licht und dem Knistern, das beim geriebenen Bernstein zu bemerken ist, eine gewisse Ähnlichkeit mit Donner und Blitz zuschrieb. Nollet[2] sagte Ähnliches aus, und Winkler in Leipzig behauptete ganz entschieden die Identität der Erscheinung, und dass der einzige Unterschied zwischen dem aus dem Konduktor der Elektrisiermaschine gezogenen Funken und dem Blitz in der Stärke beider bestehe. Franklin aber, Benjamin Franklin, der grosse amerikanische Bürger, lieferte durch direkte Versuche den thatsächlichen Beweis für das Behauptete. Er holte mit Hülfe eines Papierdrachen, den er gegen eine Gewitterwolke aufsteigen liess, die Elektricität aus dieser herab, indem er die Schnur leitend machte, und experimentierte mit der aus den Wolken gelangten Elektricität genau so wie mit der durch Umdrehung einer Glasscheibe erhaltenen,[3] und weil wegen der grössern Menge, die er auf seinem neuen Wege erhielt, die Experimente viel glänzender ausfielen, so wurden die Franklin'schen Versuche bald von allen Seiten wiederholt, und die gelehrte und nichtgelehrte Welt schwelgte eine Zeit lang[4] förmlich in Elektricität. Leider hat die unberechenbare Gewalt dieser Kraft in jener Zeit einige beklagenswerthe Opfer genommen. Wurde doch[5] der Physiker Richmann in Petersburg, ein erfahrener und vorsichtiger Experimentator, von einem aus der Leitung zuckenden Blitzstrahl erschlagen; um wie viel weniger dürfen wir uns wundern, wenn wir Leute ein unglückliches Ende nehmen sehen, die von der Sache nichts verstanden und nur den

eiteln Ruhm mitgeniessen wollten, den Blitz vom Himmel geholt zu haben!

Was ist das Gewitter? — Wie gesagt, es ist nichts anderes als ein grossartiger elektrischer Ausgleich, der in der Luft vor sich geht. Der Blitz ist der elektrische Funke.

Überall auf der Erde sind die verschiedensten Thätigkeiten rege, in deren Folge sich Elektricität massenhaft zu erzeugen und, durch den aufsteigenden Wasserdampf mit emporgeführt, allmählich in den Wolken anzusammeln vermag.[1] Die dicke, feuchte Wolke verhält sich nun wie ein sehr wirksamer Konduktor, der grosse Mengen freier Elektricität in sich aufgenommen hat. Sie muss daher auf die unter ihr befindliche Erdelektricität verteilend wirken, die gleichnamigen (nehmen[2] wir an die positiven) Teile derselben abstossen, die ungleichnamigen, negativen anziehen, und sie in den zunächst gelegenen höheren Punkten, den Gipfeln der Bäume, Dachfirsten, Turmspitzen u. s. w., ganz besonders ansammeln.

Es besteht also zwischen Wolke und Erde eine Spannung zweier Elektricitäten, die sich vereinigen wollen, während die dazwischen befindliche Luft als schlechter Leiter der Vereinigung[3] hinderlich ist. Aber dieses Hindernis wird endlich überwunden, entweder wenn die Wolke sich stärker ladet und dadurch die Spannung vermehrt wird, oder wenn sie selbst der Erde näher rückt; endlich, wenn hervorragende Gegenstände, wie hohe Gebäude und Bäume, sich der Wolke[3] auch als eine Leitung entgegenstrecken; — dann erfolgt die Ausgleichung in Gestalt eines zur Erde niederfahrenden Blitzes.

Wie auf die Erde, so wird die Verteilungswirkung einer stark geladenen Wolke auch auf andere Wolken stattfinden und beträchtliche Elektricitätsspannungen hervorzurufen vermögen, und da sich die beiden Elektricität führenden Körper leicht einander nähern können, so wird auch von

Wolke zu Wolke ein viel leichterer und öfterer Ausgleich stattfinden als zwischen Wolken und Erdboden. Kommen zwei entgegengesetzt geladene Wolken einander nahe, so geht der Prozess bisweilen in ganz ruhiger Weise vor sich, nur etwa dass Gestalt und Dichtigkeit der Wolken dabei sich verändern, die eine oder andere auch wohl ganz aufgelöst wird. Ist dagegen die Spannung zwischen den Wolken stärker und die Luft zwischen ihnen sehr trocken, so erfolgen die Entladungen in Form eines Gewitters, das die Wolken u n t e r s i c h ausfechten, ohne dass ein Blitz zur Erde fährt. Die dabei auftretenden elektrischen Funken können von enormer Länge sein, und man will [1] beobachtet haben, dass Blitze über Räume von siebzig und mehr Kilometer hinwegschlagen.

Man nahm früher an, dass die Elektricität der Gewitterwolken positiv sei; dies ist allerdings häufig der Fall, indessen kann es nicht als Regel gelten. Eben so wenig wissen wir in den einzelnen Fällen etwas über die direkte Ursache der atmosphärischen Elektricität; denn wenn wir auch sehen, dass bei vielen atmosphärischen Prozessen, wie Verdunstung, Verdichtung, Erwärmung u. s. w., Elektricität frei wird, so sind doch die bestimmenden Vorgänge so tausendfacher Art und, obgleich in der Gesamtheit so ungeheuer gewaltig, einzeln doch oft so wenig wirksam, dass wir alle Ursachen, welche den grossen Effekt einleiten, unmöglich aufdecken und verfolgen können. Wir müssen uns eben mit dem Faktum begnügen, dass, je nachdem [2] von den über uns ziehenden Wolken die eine gerade positiv, die andere negativ geladen, die dritte vielleicht ganz unelektrisch sein kann.

Geht [3] also eine — gleichviel wie — elektrisch geladene Wolke über die Erde dahin, so wirkt dieselbe verteilend auf das im Erdboden verbreitete elektrische Fluidum und zieht die der Elektricität der Wolke entgegengesetzte Elektricität an die zunächst gelegene Oberfläche; die

andere mit der Wolkenelektricität gleichnamige treibt sie nach unten. Dass der Funke in der Regel aus der Wolke nach der Erde fährt, mag wohl seinen Grund in der leichten Beweglichkeit der Wolke haben. Es ist jedoch nicht immer der Fall, denn die sogenannten Rückschläge[1] zeigen uns Fälle, bei denen umgekehrt die Elektricität von der Erde nach der Wolke hinaufzuckt, und sie sind ein thatsächlicher Beweis für die eben erwähnte Verteilungswirkung der Gewitterwolken.

Was wir jetzt über das Gewitter wissen, das sucht seinen Ausgang in den Versuchen, die Benjamin Franklin angestellt hat. Benjamin Franklin, das fünfzehnte Kind einer Familie von siebzehn, war am 17. Januar 1706 zu Boston geboren worden. Seine Beschäftigungen mit den Naturwissenschaften, wie Alles, was Franklin wusste und konnte, auf eigene Weise und durch eigene Methode gewonnen, fallen erst in die vierziger Jahre, aber dessenungeachtet bezeichneten bald die hervorragendsten Erfolge das grosse Genie.

Infolge seiner Beobachtungen gelangte[2] er denn im Jahre 1747 zu der festen Überzeugung, dass das Gewitter nichts anderes als die Ausgleichung zweier entgegengesetzter Elektricitäten, der Blitz ein mächtiger elektrischer Funke sei, und dass jener, wenn er einschlage, ganz so wie dieser, an gut leitenden Körpern fortgehe, ohne auf seinem Wege nachteilige Wirkungen zurückzulassen; dass er jedoch beim Überschlagen von einem Leiter zum andern störende Einwirkungen, vornehmlich Zertrümmerungen, Schmelzungen und Entzündungen, hervorrufen könne. Die Wahrnehmung, dass sich der Blitz vorzugsweise auf spitze Hervorragungen, wie Türme, Masten, Bäume u. s. w., wirft, führte den praktischen Franklin auf den kühnen Gedanken, zu versuchen, ob sich nicht die Elektricität aus einer Wetterwolke zur Erde leiten lasse,[3] und so stellte er denn jenes berühmte

Experiment an, dessen Lebensgefährlichkeit er eben nicht ahnen mochte. Er fertigte einen grossen Drachen aus Seidenstoff, spannte denselben über ein Gestell und befestigte am obern Ende des mittlern Stabes eine eiserne Spitze. Die Leine, woran der Drache aufstieg, war ein gewöhnlicher hanfener Bindfaden, das untere Ende eine seidene Schnur, an deren Ende ein Stahlschlüssel als Handgriff hing. Mit dieser Vorrichtung ging Franklin einst im Sommer 1752, nur von seinem Sohne begleitet, dem er seine Absicht allein entdeckt hatte, beim Herannahen eines Gewitters auf eine Wiese bei Philadelphia und liess den Drachen steigen. Obwohl nun dieser hoch stand und die Gewitterwolken ziemlich dicht über ihn hinzogen, bemerkte Franklin nicht das geringste Zeichen von Elektricität, und schon fürchtete er, dass seine Ansicht von der Natur des Gewitters doch nicht die rechte sein könne, als er, nachdem ein gelinder Regen den Faden angefeuchtet hatte, plötzlich zu seiner grössten Freude wahrnahm, dass die losen Fäserchen der seidenen Schnur allesamt aufwärts strebten, gerade so, als wenn sie an dem Konduktor der Elektrisiermaschine gehangen hätten. Hocherfreut über diese Anzeichen von Elektricität, die notwendig atmosphärisch, aus den Gewitterwolken herabgeleitet sein musste, erforschte er die Erscheinung gründlicher, hielt ein Fingergelenk an den Stahlschlüssel, und ein starker, sehr sichtbarer Funke sprang auf seinen Körper über. Die Luftelektricität wirkte also in gleicher Weise wie die künstlich erzeugte. Ein Glück für Franklin war es übrigens, dass die Schnur nicht ganz feucht war oder aus keinem besser leitenden Stoffe bestand; es hätte ihm sonst leicht das Leben kosten können.[1] Bei späteren Versuchen gelang es,[2] eine Leidener Flasche[3] mit Luftelektricität zu laden, welche alle die bekannten Erscheinungen zeigte. Auch stellte Franklin an seinem Hause eine isolierte eiserne Stange auf, um bequemer[4]

Versuche machen zu können, und versah sie an dem untern Ende mit zwei Glöckchen, welche anschlugen,[1] wenn die Luft eine bedeutende elektrische Spannung besass.

Die Franklin'schen Versuche, in deren Folge die Oxforder Universität den amerikanischen Bürger 1762 zum Doktor promovierte, wurden in der Folge häufig wiederholt und in zweckmässiger Weise abgeändert. Ein Franzose, de Romas, z. B. band seinen Drachen an eine Schnur, welche mit einem Metalldrahte durchflochten war, liess sie aber unten, um sich vor den Wirkungen des Blitzes sicher zu stellen, in eine andere, einige Meter lange, von reiner Seide übergehen. Um den Funken nicht mit dem Finger hervorlocken zu müssen, gebrauchte er einen Metallleiter, welcher mit der Erde durch eine eiserne Kette in Verbindung stand und an einem nicht leitenden Handgriffe gehalten werden konnte. Der Drache stieg 180 Meter hoch und passierte Luftschichten, welche im höchsten Grade mit Elektricität geschwängert[2] sein mussten, denn de Romas erhielt binnen einer Stunde dreissig Feuerstrahlen, deren jeder eine Länge von fast drei Meter hatte und die ein Geräusch hören liessen, welches dem Knallen einer Pistole glich. Nach so glänzenden Erfolgen musste der Glaube an alle früheren Fabeleien von öligen, salpetrigen Dünsten als Ursache des Blitzes vollständig vernichtet werden.

Der Donner. — Zusammenhängend mit der Erkenntnis der Ursache des Gewitters klärten sich auch die Meinungen über die Natur des ganz unschuldigen Donners, der doch jedem Beobachter bei einem Gewitter den grössten Schrecken verursacht. Er entsteht lediglich durch die Schwingungen der gewaltsam erschütterten Luft. Wenn der Blitz die Atmosphäre durchzuckt, erhitzt er die benachbarten Teilchen so ungeheuer, dass sie sich plötzlich auf das Vieltausendfache ihres früheren Volumens ausdehnen, gleich darauf aber auch wieder, wenn die Wärme

sich verteilt, in sich zusammenstürzen. Es[1] wirkt also dieselbe Ursache, wie bei dem Flintenschuss; und die Reflexion des Schalles an den verschiedenen Wolkenschichten, Bergen und Wäldern ruft das Echo und das allmähliche Verhallen des Geräusches hervor. Da der Schall sich langsamer fortbewegt als das Licht, so sehen wir den Blitz eher und auf einmal in seiner ganzen Länge, während der Donner unser Ohr erst später und von den entfernteren Punkten des oft viele Meilen langen Funkens nur nach und nach erreicht. Nehmen[2] wir an, ein Blitz fahre[3] in einem Augenblick eine Meile weit dahin, so knallt es auch gleichzeitig auf allen Punkten dieser Linie. Aber es giebt keinen Ort, wo das Ohr alle diese Schallwellen zugleich auffangen könnte; sie gelangen[4] nur allmählich bei dem Beobachter an[4] und derselbe vernimmt daher den Knall als ein verlängertes Geräusch. Ohne uns nach dem Gewitter umzusehen, hören wir an dem Donner, sowie er stärker und stärker wird, sein Nahen. In der Nähe des Ortes, wo es einschlägt, vernimmt man bekanntlich gleichzeitig mit dem Blitz einen einzigen prasselnden Schlag; ist das Gewitter entfernt, so liegt je nach[5] der Entfernung eine um so längere Pause zwischen Blitz und Donner.

Der Donner giebt uns ein bequemes Mittel, zu beurteilen, wie weit ein Gewitter von uns entfernt ist. Da Blitz und Donner gleichzeitig entstehen, die Fortpflanzung des Lichtes für irdische Entfernung als eine augenblickliche betrachtet werden kann, der Schall aber in derselben Zeit nur 340 Meter zurücklegt, so brauchen wir nur die Zahl der Sekunden, welche zwischen Blitz und Donner vergehen, mit 340 zu multiplizieren, um die Entfernung in Metern kennen zu lernen.

Die Sage von den Donnerkeilen, von denen man annahm, dass sie zugleich mit dem Blitz in die Erde

geschleudert würden, mag erst dadurch veranlasst worden sein, dass man sich die Entstehung und regelmässige Gestalt gewisser länglich-runder und vorn zugespitzter Steinformen, die man in manchen Gegenden nach heftigen Regengüssen an Berghalden[1] oder in Thalgründen fand, nicht anders zu erklären vermochte. Seit man aber jene Bildungen auch in geschichteten[2] Gesteinen eingebettet gefunden hat, weiss man, dass es Versteinerungen vorweltlicher Tierreste sind, und weit entfernt, ihren Ursprung über unsern Häuptern zu suchen, hat die Geologie die Geburtsstätte dieser Belemniten[3] vielmehr in der Tiefe schlammabsetzender Meeresbecken erkannt. Ebenso ist der Glaube an die besondere Natur des durch den Blitz entzündeten Feuers, dass dieses durch kein Mittel löschbar sei, ein Irrtum, der freilich lange genug gespukt hat.

Wirkung des Blitzes. — Der Blitz an und für sich ist nicht heiss; er erzeugt erst die Hitze, wenn er bei seiner Fortbewegung Widerstand findet. In den oberen Regionen der Atmosphäre, wo die Luft so verdünnt ist, dass sie dem Ausgleich der Elektricitäten kein Hindernis entgegensetzt, erfolgt das Blitzen als ein geräuschloses Wetterleuchten,[4] während in den tieferen Luftschichten das Hemmnis der schlechten Luftleitung erst mit Gewalt durchbrochen werden muss. Findet der Blitz einen gutleitenden Körper von grossem Querschnitt,[5] so wird er in demselben herabfahren, ohne merkliche Spuren zu hinterlassen. Muss er sich aber durch dünne Drähte oder durch trockne harzige[6] Hölzer hindurchquälen, so erhitzt er dieselben bei solcher Arbeit auf eine ganz enorme Weise.

Ein Eisencylinder leitet zehntausendmal mehr Elektricität durch sich hindurch als ein gleichgrosser Cylinder von Meerwasser, welches gewisse Salze aufgelöst enthält; dieser aber wieder tausendmal mehr als reines Wasser, und das reine Wasser ist ein noch viel besserer Leiter als

trockenes Holz oder gar Schwefel, Harz u. dergl.[1] Wenn aber bei alledem noch so bedeutende Elektricitätsmassen in den Blitzen sich ausgleichen, dass selbst dicke Eisenstangen durch den hindurchfahrenden Funken geschmolzen werden, so darf es nicht auffallen,[2] wenn andere, weniger gut leitende Körper davon ganz zerstört werden. Mit der grossen Wärmeentwickelung hängen die enormen mechanischen Kraftleistungen zusammen, welche durch Blitzschläge ausgeübt werden. Wenn der Blitz in einen Baum schlägt, so sucht er seinen Weg vorzugsweise zwischen Rinde[3] und Holz, in dem feuchten Splinte.[4] Das Wasser verwandelt sich plötzlich in Dampf und dadurch erklärt sich die ausserordentliche Zerreissung und Zersplitterung, die wir an vom Blitz getroffenen Bäumen beobachten können.

Derselbe Blitz, welcher die dicke Stange eines Blitzableiters nur mässig erwärmt, schmilzt die Vergoldung von Bilderrahmen, über welche er hinwegfährt, vollständig ab. Humboldt erzählt in seinem '*Kosmos*,' dass er auf seinen Reisen in Südamerika, wo allerdings die Gewitter mit einer bei uns unbekannten Heftigkeit wüten, manche Felsen auf der Oberfläche vom Blitze ganz verglast[5] angetroffen habe. Die Blitzröhren,[6] die man in ebenen, sandigen Gegenden gar nicht selten findet und oft auf eine Länge bis zu 12 und mehr Meter in einer Richtung oder in Äste verzweigt unter der Oberfläche des Bodens verfolgen kann, sind Sand und Bodenteile, von dem einschlagenden Blitze geschmolzen und zu röhrenförmigen[7] Gebilden mit einander verkittet.

Man hat[8] in den früheren mirakelsüchtigen Zeiten eine Menge wunderbarer Bildungen entdecken wollen,[8] welche der Blitz ausgeführt habe,[9] und selbst Gelehrte konnten nicht der Versuchung widerstehen, dergleichen zu berichten und ihnen merkwürdige Ursachen unterzulegen. So sollte[10] bald[11] durch die Lichterscheinung beim Blitz in eine Fensterscheibe die Zeichnung eines gegenüberstehenden Turmes

eingebrannt[1] worden sein; bald wollte[2] man bei vom Blitz Erschlagenen auf Brust oder Armen Schriftzüge oder Kreuze oder Figuren von Gegenständen, die in der Nähe gestanden hatten, eingeätzt[3] gefunden haben u. s. w. — und man sah von manchen Seiten darin eine, wenn auch noch unerforschte, aber doch wohl gesetzmässige Art von Photographie. Alle dergleichen Erscheinungen sind aber ganz zufälliger Natur, von der erhitzten Phantasie erst ausgemalt. Dagegen bringt der Blitz gewaltige mechanische Wirkungen hervor.

In der Gegend von Manchester schlug am 2. August 1809 der Blitz ein. Ein Wetterstrahl fuhr zwischen einem Keller und einer Cisterne in die Erde und verschob eine Mauer von 1 Meter Dicke und 4 Meter Höhe, so dass der weggeschobene Teil an einer Seite mehr als 1 Meter, an der andern 3 Meter abstand, wobei natürlich alle hölzernen Verbindungsstücke zerbrochen waren. In dem bewegten Mauerstück befanden sich 7000 Backsteine mit einem Gesamtgewicht von 26,000 Kilogramm.

Es ist vorgekommen, dass der Blitz in die Masten von Schiffen geschlagen und dabei die Kompassnadel in der Weise umgedreht hat, dass der Steuermann den Kurs plötzlich wieder nach Hause zu[4] nahm und, falls ihm nicht Sternbeobachtungen seinen Irrtum aufdeckten, erst durch Anrufen begegnender Schiffe wieder auf die rechte Bahn gelenkt wurde.

Blitzableiter. — Nichts ist natürlicher, als dass man sich gegen die verheerenden Wirkungen des Blitzes zu sichern sucht, und die Beobachtung,[5] dass hoch emporragende Gegenstände vorzugsweise den Blitz anziehen, mag — wofür manche Thatsachen zu sprechen scheinen — auch schon im Altertume gewisse Vorkehrungen haben treffen lassen,[5] die im Wesen mit unsern heutigen Blitzableitern Ähnlichkeit hatten. Numa[6] und Tullus Hostilius sollen[7] die Kenntnis

besessen haben, die schädlichen Wirkungen des Blitzes abzuwenden. Es wird nicht gesagt, worin ihr Verfahren bestanden habe, vielleicht aber darf man es in Verbindung setzen mit der[1] in alten Zeiten beliebten Aufstellung eherner Bildsäulen,[1] um meteorische Funken herabzuziehen. Von den alten Indiern erzählt Ktesias,[2] dass sie sich eines gewissen Eisens bedient hätten,[3] welches von ihnen zur Ableitung zündender Blitze aufgerichtet worden wäre.[3] Die Tempel, namentlich der des Apoll, waren mit Lorbeerhainen[4] umgeben, weil sie dadurch geschützt sein sollten,[5] und zu Karl's des Grossen Zeiten war es Sitte, in den Feldern hohe Stangen zur Ableitung von Hagelwettern aufzurichten, was jedoch von dem grossen Kaiser als abergläubisch verpönt wurde. Es liessen[6] sich noch viele andere Citate anführen und Überlieferungen in der genannten Richtung deuten, indessen wollen wir unsere Aufmerksamkeit der[7] auf erkannte Gesetzmässigkeit natürlicher Vorgänge gegründeten Erfindung[7] zuwenden, eine der segensreichsten aller Zeiten.

Benjamin Franklin ist derjenige, dem wir unverkürzt und unverkümmert den vollen Ruhm davon belassen müssen. Er hat keinen Vorläufer gehabt, keine Erfahrungen anderer benutzt, sondern sich das Fundament selbst gegraben und Stein auf Stein mit eignem Fleiss gebrochen, behauen und eingefügt, bis das Ganze so vollendet vor ihm stand, dass die späteren Zeiten nichts mehr daran zu verbessern fanden.

Die Gewitterwolken sind mit Elektricität geladene Konduktoren. Nun ist aber für das Wesen der Elektricität charakteristisch, dass dieselbe, wie wir gelegentlich schon angedeutet haben, auf der Oberfläche der Körper angehäuft, in einem Zustande des Zwanges sich befindet. Sie strebt fortwährend nach Ausgleichung und wird von der umgebenden Luft oder anderen schlechten Leitern nur gehindert, diesem Bestreben Genüge zu thun. Je nach[8] der Gestalt der Körper

sind auch, wie wir ebenfalls schon gesehen haben, die Spannungsverhältnisse verschieden. Eine allseitig gleich gekrümmte Kugeloberfläche ist überall von den gleichen Widerständen umgeben, und daher bildet auf ihr die Elektricität eine auf allen Punkten ganz gleich dicke Schicht. Setzen wir dagegen auf die Kugel eine hervorragende Spitze, so konzentriert sich in dieser die Elektricität, und eine[1] entsprechende Wirkung hat jede Ungleichheit der Körper, Ecken, Kanten u. s. w. Die Elektricität sammelt sich in grösseren Massen und mit grösserer Spannung in den Spitzen an und strahlt[2] endlich, wenn die Spitze fein genug ist, geradezu aus:[2] eine Erscheinung, die wir im Dunkeln als einen glänzenden Lichtbüschel[3] beobachten können.

Dies sogenannte *Vermögen der Spitzen* haben wir schon in den Aufsaugern der Elektrisiermaschine praktisch ausgebeutet gefunden, wir sehen es in der Natur bisweilen als den Grund einer merkwürdigen Erscheinung, deren Erklärung lange Zeit grosse Schwierigkeiten darzubieten schien, der sogenannten *St. Elmsfeuer*.[4]

Es kommt vor, dass an gewissen schwülen Abenden sich über den Spitzen von Blitzableitern, über Turmknöpfen,[5] an Ecken von metallenen Dachrinnen[6] u. s. w. kleine blaue Flämmchen zeigen, die sich nicht auslöschen lassen und endlich ebenso von selbst wieder verschwinden, wie sie entstanden sind. Diese Erscheinung zeigt sich besonders häufig auch auf den Mastspitzen der Schiffe und sie galt bei den alten Griechen und Römern für ein Zeichen des baldigen Aufhörens des Sturmes. Zwei Flämmchen, 'Castor[7] und Pollux,' waren glückbringend, und ein einziges, 'Helena,' verderblich. Aus dem letzteren Namen ist 'St. Elias,' 'Elmen' und 'Elmsfeuer' entstanden.[8] Übrigens brauchen die Spitzen nicht allemal sehr hoch über den Erdboden empor zu ragen, man hat Flämmchen auf den Köpfen von Statuen, auf den

Lanzen der Soldaten, auf den Hüten der Wandernden bemerkt; ja, es werden Fälle berichtet, in denen die Ohren der Pferde dergleichen elektrische Lichtausstrahlungen zeigten.

Für uns hat das Phänomen nichts Rätselhaftes mehr, es ist das Ausströmen der Elektricität, sei es, dass diese nur infolge der zu grossen Spannung im Boden denselben verlässt, oder dass sie sich auf diese stille Weise mit der entgegengesetzten Elektricität der Atmosphäre ausgleicht. Auf jeden Fall wird durch den Prozess die Spannung vermindert und auf allmähliche, friedliche Weise ein Zustand des Gleichgewichts wieder vorbereitet, der durch den Blitz nur unter gewaltsamen, zerstörenden Aktionen herbeigeführt werden kann.

Der Blitzableiter hat denselben Zweck und sein genialer Erfinder hat ihn in richtiger Erkenntnis jener Naturerscheinung auf das Vermögen der Spitzen gegründet.

Es dürfte kaum eine Erfindung geben, welche bei ihrem Auftauchen[1] die ganze gelehrte und nichtgelehrte, fromme und profane Welt so in Aufregung versetzt hätte wie die Franklins. Man fühlte ihre ungeheuere Bedeutung — aber der Glaube, jenes liebe Kind der Gewohnheit, kam mit der Wissenschaft in Konflikt; der entstehende Kampf dauerte lange und hinderte die segensreiche Einführung. Es leuchtete[2] vielen nicht ein,[2] dem lieben Gott ein so bequemes Züchtigungsmittel wie den Blitz aus der Hand winden zu wollen. Anderwärts war es wieder die Nationaleitelkeit, welche einem Fremden für einen so herrlichen Gedanken nicht dankbar werden wollte. Während die amerikanische Regierung sich die allgemeine Unterstützung der Franklin'schen Idee auf das höchste angelegen sein liess,[3] mäkelte[4] Frankreich verdrossen daran herum,[4] weil sie nicht von einem Franzosen ausgegangen war.

Es war im Jahre 1760, als Franklin den ersten Blitzableiter, der sich im wesentlichen in nichts von unseren

heutigen unterschied, auf dem Hause des Kaufmanns West in Philadelphia errichten liess; ein eiserner Stab von 3 Meter Länge und 27 Millimeter im Durchmesser war von dem Gebäude durch schlechte Leiter isoliert und mittels einer metallenen Zuleitung mit der Erde verbunden. So einfach, wie dieser Apparat in seiner Ausführung damals war, ist er geblieben; denn alle Zuthaten von Platinspitzen, besondere Herstellung der Isolierung u. dergl. haben dem Wesen nichts Neues beigefügt. In dieser Einfachheit aber liegt zugleich die Bedeutsamkeit, die in ihrer Wirkung nicht gesteigert werden kann.

War es in Frankreich die Eitelkeit, so war es in England Nationalhass, durch den Unabhängigkeitskrieg, in welchen beide Staaten damals eben verwickelt waren, entzündet und unterhalten, was die Adoption der Erfindung hinderte. Sie erfolgte in der That erst gegen das Jahr 1788, und nur die Sorge um die Schiffe konnte die Söhne Albions bestimmen, auf den Masten derselben Blitzableiter zu errichten. Ehe die letzteren auf Gebäuden Anwendung fanden, verging noch eine geraume Zeit. Von ganz besonderem Einfluss wurde aber die Stimme des berühmten schweizerischen Physikers Saussure, welcher im Jahre 1771 auf seinem Hause in Genf einen Blitzableiter hatte errichten[1] und, um die darüber entsetzten gottesfürchtigen Gemüter zu beruhigen, eine Broschüre über die Nützlichkeit der Elektricitätsleiter hatte drucken lassen,[2] die er gratis verteilte. Philadelphia hatte im Jahre 1782 auf seinen 1300 Häusern schon über 400 Blitzableiter; alle öffentlichen Gebäude, mit Ausnahme des Hotels der französischen Gesandtschaft, waren damit versehen. Und gerade in dies Haus schlug am 27. März 1782 der Blitz. Er tötete einen Offizier, und nun allerdings liess der Gesandte Frankreichs sein Palais mit der Schutzvorrichtung versehen. — Zu Hause erhoben der Abbé Nollet und de Romas ihre Stimmen ebenfalls, und

nun, da eigene Landeskinder unterdessen ihren Ruhm eifrig an die Franklin'schen Versuche mit geknüpft hatten, konnte die *grande nation* sich endlich 1784 mit der Sache ernstlich befassen. Wie England seine Schiffe, so hatte Frankreich, von jeher der grösste Salpeterkonsument, dabei vorzüglich den Schutz der Pulvermagazine im Auge. Das Publikum, befangen und furchtsam, beteiligte sich aber hier wie anderwärts anfänglich sehr mässig, und der Blitzableiter blieb lange Zeit hindurch ein Merkzeichen öffentlicher Gebäude. Die Regierungen mussten seine Einführung dekretieren und stiessen dabei noch auf ärgerliche Widersprüche.

Schon im Jahre 1778 hatte die Republik Venedig ihre Marine mit dem neuen Wetterschutz versehen. Friedrich Wilhelm II. von Preussen[1] ordnete im ganzen Umfange seiner Staaten die Aufrichtung von Blitzableitern an; merkwürdiger Weise verbot er aber ausdrücklich, auf dem Schlosse Sanssouci[2] einen solchen anzubringen.

Dampfmaschine.

I.

Dampfmaschine nennt man eine mechanische Vorrichtung, durch welche mittelst der Spannkraft[1] des Wasserdampfes Wärme in Arbeit umgesetzt wird. Dieselbe besteht aus dem Dampfkessel[2] und der eigentlichen Dampfmaschine, welche durch ein Rohr mit einander verbunden in der Weise funktionieren, dass der im Dampfkessel erzeugte Dampf in dem Cylinder der Dampfmaschine einen beweglichen Kolben[3] hin- und hertreibt. Dessen Bewegung wird durch die Kolbenstange[4] auf andere Maschinenteile übertragen und so zur Arbeitsleistung nutzbar gemacht.

Die Kenntniss der dem Wasserdampf innewohnenden Ausdehnungs- oder Spannkraft ist sehr alt. Schon vor Anfang der christlichen Zeitrechnung scheint man einige wenn auch nur höchst unvollkommene Vorstellungen von derselben gehabt zu haben. Die erste Nachricht von der Anwendung des Wasserdampfes zur Erzeugung von Bewegung findet sich in einer Schrift des griechischen Mathematikers und Mechanikers Hero des Älteren,[5] der einen durch Dampf getriebenen Apparat beschreibt. Eine hohle mit Wasser gefüllte Metallkugel wurde erhitzt; der so entwickelte Dampf strömte aus zwei seitlichen Öffnungen aus und setzte durch Rückwirkung das Gefäss in Umdrehung. Dieser Apparat, der eine praktische Bedeutung niemals erlangt hat, ist nur als eine physikalische Spielerei zu betrachten[6]; ebenso der Apparat des Italieners Giovanni

Branca (1629), bei welchem ein kräftiger Dampfstrahl[1] gegen ein Schaufelrad[2] getrieben und letzteres dadurch in Umdrehung versetzt wurde.

Der erste Apparat, welcher die Grundzüge der heutigen Kolbendampfmaschine zeigt, ist der von Denis Papin[3] (1690). Bei seinen Versuchen die bedeutende Kraft des Luftdrucks, die kurz vorher von Guerike[4] entdeckt worden war, auf einfache und wohlfeile Weise zu erzeugen um sie industriell verwerten zu können, fand er in der Kondensation des Dampfes das Mittel, mit demselben grössere Krafteffecte zu erzielen, und legte so eigentlich den Grund zur Erfindung der Dampfmaschine. Er wollte einen massiven Kolben, ähnlich dem in einer gewöhnlichen Saugpumpe,[5] aber ohne Klappe,[6] durch die elastische Kraft des Dampfes in die Höhe treiben, dann den Dampf plötzlich abkühlen und wieder in Wasser verwandeln. Papin beschrieb seine Idee in einer eigenen Schrift und machte auch ein Modell der Maschine; die Sache hatte indess keinen weiteren Erfolg, besonders da die Mängel, welche seiner Maschine anhafteten, von dem englischen Physiker Robert Hooke[7] für so bedeutend erachtet wurden, dass Papin selbst endlich an einer nutzbringenden Verwirklichung seiner Idee verzweifelte. Dabei muss jedoch bemerkt werden, dass das Sicherheitsventil[8] bereits von ihm erfunden und an dem Dampfkessel angebracht wurde.

Ein erfolgreicher Schritt in der rechten Richtung wurde von dem Engländer Newcomen[9] gemacht. Er nahm den ursprünglichen Gedanken Papins wieder auf und erfand durch Anwendung eines Cylinders mit beweglichem Kolben, der seinen Dampf von einem besonderen Dampfkessel erhielt, die erste wirklich brauchbare Dampfmaschine. Mit Rücksicht auf die Verwertung des Luftdrucks wurde sie atmosphärische Maschine genannt und zur geradlinigen[10] Bewegung der Pumpengestänge[11] in den Bergwerken und

später zum Betrieb rotierender Wellen verwendet. Trotz der im Ganzen günstigen Wirkungsweise der Newcomenschen Maschinen, der zufolge sie zur Wasserhebung in Bergwerken bis in die neueste Zeit Verwendung gefunden haben, waren dieselben besonders ihres beträchtlichen Brennstoffverbrauchs[1] wegen für allgemeine Zwecke nicht anwendbar. Alle Versuche zur Verbesserung dieser Mängel blieben fast 70 Jahre lang erfolglos, weil die physikalischen Gesetze von der freien und latenten Wärme noch nicht bekannt waren, mit deren Hilfe es dann dem genialen Watt gelang, die Fehler der Newcomenschen Maschine zu beseitigen und die Dampfkraft für die Zwecke der Industrie allgemein nutzbar zu machen.

II.

James Watt,[2] 1736 zu Greenock in Schottland geboren, war in seiner frühesten Jugend sehr schwächlich und verdankte es diesem Umstande wohl zumeist, dass er seine Zeit denjenigen Vergnügungen und Beschäftigungen zuwenden durfte, wozu ihn gerade Lust und Neigung trieb. Da er die geräuschvollen Spiele der Kindheit mit andern nicht teilen konnte, kam er so von selbst[3] auf das Gebiet des Denkens und Grübelns. Schon als Kind suchte er überall nach dem Grunde der Erscheinung, und dieses stille Nachdenken, das unablässige Forschen brachte ihn häufig in den Verdacht, geistig träge zu sein. Es[4] durchblitzten ihn auch nicht grossartige Ideen, aber was er ansah, das zerlegte sich ihm in seine Bestandteile und zeigte ihm gleichergestalt[5] Ursprung und Folge.

Mit seinem 19. Jahre trat Watt bei dem Mechaniker Morgan in London in die Lehre. Er brauchte zur Reise dahin zwölf Tage und ahnte damals schwerlich, dass man sie dereinst[6] kraft[7] seiner Erfindung in zwölf Stunden werde zurücklegen können. In London blieb er nur ein Jahr,

worauf er nach Glasgow zurückging und später als Mechaniker bei der Universität beschäftigt wurde.[1] Um jene Zeit glänzte dort der berühmte Staatsökonom Adam Smith[2]; derselbe fand Wohlgefallen an Watt und besuchte ihn fast täglich. Mehrere Freunde Smiths wurden auf den jungen, fleissigen Mechaniker aufmerksam und bald wurde Watts Wohnung der Versammlungsort der Gelehrten und Studenten. Ein Zeitgenosse, der mit Watt in sehr innige Verbindung trat, erzählt "Ich wurde—ein Freund mathematischer und mechanischer Studien—durch einige Bekannte bei Watt eingeführt. Ich erwartete einen einfachen Arbeiter und fand anscheinend[3] auch einen solchen; wie sehr aber sah ich mich überrascht, als ich bei näherer Prüfung in ihm einen Gelehrten erkannte, der, nicht älter als ich, dennoch im Stande war, mich über alle Gegenstände der Mechanik und Naturkunde aufzuklären, nach denen ich ihn fragte. Ich glaubte in meinem Studium weit fortgeschritten zu sein und fand nun, dass Watt hoch über mir stand. So auch meine Genossen. Jede Schwierigkeit, welche uns vorkam, trugen wir Watt vor, und er war immer im Stande uns zu belehren, aber für ihn wurde jede solche Frage der Gegenstand eines neuen und ernsten Studiums, und er ruhte nicht eher, als bis er sich entweder von der Unbedeutsamkeit des Gegenstandes überzeugt, oder das daraus gemacht hatte, was[4] sich daraus machen liess. Diese Eigenschaften, verbunden mit der grössten Bescheidenheit und Herzensgüte, machten,[5] dass alle seine Bekannten ihm mit der herzlichsten Liebe und Anhänglichkeit zugethan waren."

Wie es scheint, begann Watt in den Jahren 1762 und 1763 mit dem Wesen und der Verwendbarkeit des Dampfes sich anhaltender[6] zu beschäftigen; aber erst das folgende Jahr war dazu bestimmt, ihn auf die Bahn seines Ruhmes zu führen. In der Sammlung der Universität befand sich das Modell einer Dampfmaschine von Newcomen, dessen man

sich zur Erläuterung bei den Vorlesungen bediente. Dies Modell war ausser Gang gekommen,[1] oder richtiger,[2] es war nie im Gange gewesen, und man trug[3] Watt auf,[3] dasselbe in Ordnung zu bringen. Er löste seine Aufgabe zu vollkommener Zufriedenheit; sein Fleiss blieb[4] aber dabei nicht stehen.[4] Sein Scharfblick hatte bald erkannt, worin die Mangelhaftigkeit der Wirkung von Newcomen's Maschine ihren Grund hatte. Die Maschine verlangte Wasser von sehr niedriger Temperatur, um unter dem Kolben den Dampf zu verdichten und einen möglichst leeren Raum herzustellen. Dadurch[5] aber, dass das kalte Wasser in den Cylinder eingespritzt[6] wurde, ergab sich für den nächsten Kolbenhub[7] der Übelstand, dass der Dampf, wenn er mit den[8] soeben durch das Wasser abgekühlten Seitenwänden[8] und der Kolbenfläche in Berührung trat, abgekühlt und teilweise bereits kondensiert wurde, ehe er noch seine Wirkung geäussert hatte, was[9] einen beträchtlichen Kraftverlust nach sich zog.[10]

Die erste bedeutende Erfindung, welche Watt auf Grund seiner Studien und Versuche über die Wärme machte, war die des Kondensators mit der sogenannten Luftpumpe, d. h. er liess die Niederschlagung des Dampfes nicht mehr im Cylinder selbst, sondern in einem besondern Raum, dem Kondensator, stattfinden, der im geeigneten Moment mit dem Cylinder in Verbindung gesetzt wurde. Der Wattsche Kondensator,[11] welcher noch gegenwärtig mit geringen Abänderungen gebräuchlich ist, besteht aus einem cylindrischen Gefäss, dessen Inhalt ungefähr gleich dem des Dampfcylinders ist. In dieses Gefäss mündet[12] das vom Dampfcylinder kommende Rohr und ein Wasserrohr mit Sieb, welches das zur Kondensation des Dampfes erforderliche Wasser in feinem Regen einspritzt. Unmittelbar an den Kondensator schliesst sich eine Pumpe an, welche das eingespritzte und das durch die Kondensation des Dampfes

gebildete Wasser entfernt und von Watt den Namen Luftpumpe erhielt, eine Bezeichnung, die sich noch bis heute erhalten hat. Auch die übrigen Verbesserungen, welche er an den Hauptteilen der Dampfmaschine anbrachte, waren von so bedeutendem Einfluss und brachten die Dampfmaschine auf eine so hohe Stufe der Vollendung, dass dem Namen Watt für alle Zeiten der Ehrenplatz in der Geschichte der Dampfmaschine gesichert ist.

Ausser in der vom Cylinder getrennten Kondensation bestand das wesentlich Neue der Wattschen Maschine darin, dass nicht mehr der Atmosphärendruck, sondern der Dampfdruck auf den Kolben wirkte, zu welchem Zwecke die Kolbenstange dampfdicht durch den Cylinderdeckel gehen musste, was durch Anwendung der heute noch allgemein üblichen Stopfbüchse[1] ermöglicht wurde. Auch war der Dampfcylinder durch schlechte Wärmeleiter (den sog.[2] Cylindermantel) vor Ausstrahlung geschützt. Schon im folgenden Jahre ersann Watt eine Verbesserung, die bei allen modernen Dampfmaschinen in Anwendung ist. Er sperrte[3] den Dampfzutritt zum Cylinder ab,[3] ehe der Kolben seinen ganzen Weg zurückgelegt hatte, so dass für den Rest des Kolbenweges der Dampf ohne frische Nachströmung wirkte und durch seine Expansionskraft den Kolben bis an das Ende seines Hubes trieb. Der Vorteil dieser Einrichtung besteht in der Ersparung an Dampf und also auch an Brennmaterial.[4] Die erste Wattsche Dampfmaschine[5] aus dem Jahre 1769 war noch einfachwirkend, indem durch den Dampf nur der Niedergang des Kolbens, der Aufgang desselben aber durch die an der anderen Seite des Balanciers[6] angebrachten Gegengewichte bewirkt wurde. Dagegen waren schon die in den Jahren 1781–82 von ihm ausgeführten Maschinen doppeltwirkend, d. h. der Kolben wurde beim Aufgang wie beim Niedergang vom Dampf getrieben und leistete so in beiden Fällen Arbeit. Die bis dahin übliche

Befestigung der Kolbenstange[1] an dem Balancier durch Segment[2] und Gelenkkette genügte für die doppeltwirkende Maschine nicht mehr, und Watt erfand deshalb sein berühmtes Parallelogramm, einen äusserst sinnreichen Mechanismus, welcher das Ende der Kolbenstange mit dem Balancier derart verband, dass die Kolbenstange fast mathematisch in einer geraden Linie geführt wurde. Ferner datiert aus jener Zeit die Anwendung von Pleuelstange,[3] Kurbel[4] und Schwungrad,[5] sowie die des Centrifugalregulators[6] zur Erzielung eines gleichförmigen Ganges. Auch die Konstruktion der Dampfverteilungsmechanismen[7] erfuhr wesentliche Verbesserungen, indem an die Stelle der Hähne[8] Ventile oder Schieber traten, so dass die Wattsche Dampfmaschine schliesslich in den Hauptteilen bereits eine solche Vollkommenheit zeigt, dass es bis heute nicht möglich war, wesentliche Verbesserungen anzubringen.[9] Die auf Watts Thätigkeit folgende Periode der Geschichte der Dampfmaschine charakterisiert sich besonders durch die Bemühungen, Dämpfe von höherer Spannung anzuwenden und das schon von Watt angegebene Prinzip der Expansion möglichst weit durchzuführen. Die Wattschen Maschinen verwendeten nur Dampf von niederer Spannung (1,5–1,3 Atmosphären) und arbeiteten sämtlich mit Kondensation.

III.

Wenngleich[10] schon von Watt darauf hingewiesen worden war, dass man[11] lediglich durch die Spannkraft des Dampfes, den man,[12] statt ihn im Kondensator zu verdichten, in die freie Luft auspuffen liesse,[12] Maschinen treiben könne,[11] die infolge des Wegfalls[13] des Kondensators sich bedeutend einfacher gestalten würden, so war doch bei der noch unausgebildeten Konstruktion der Dampfkessel die Anwendung höher gespannter Dämpfe mit erheblicher Gefahr verbunden. Die erste wirklich brauchbare Hochdruckmaschine baute

der Amerikaner Oliver Evans[1] im Jahre 1801. Derselbe verwendete Dampf von einer Spannung bis zu 8 Atmosphären, der in einem schmiedeeisernen[2] Röhrenkessel[3] erzeugt und direkt in den Cylinder geleitet wurde, doch wurde der Dampf schon bei einem Drittel oder selbst einem Sechstel des Kolbenwegs abgesperrt und zuletzt kondensiert. In England bauten im folgenden Jahre Trevithick[4] und Vivian eine doppeltwirkende Hochdruckmaschine ohne Kondensation, die sich durch Einfachheit und gedrängten[5] Bau auszeichnete.

So inventiös[6] die Anordnung der einzelnen Teile dieses Mechanismus war, so konnte derselbe eine allgemeinere Aufnahme doch nicht finden, zunächst[7] schon aus dem Grunde, weil die grosse Reibung der gewöhnlichen Strassen ein zu beträchtliches Hindernis für die Entwickelung einer namhaften[8] Zugkraft blieb. Aber auch aus anderen Gründen erwiesen sich die chaussierten Wege[9] für den Dampfwagen als untauglich; vor Allem waren sie nicht widerstandskräftig genug und gestatteten auch keinen ganz ruhigen Gang. Die beiden Erfinder indessen liessen die Hoffnung nicht sinken. Was auf den gewöhnlichen Strassen nur schwierig ging, konnte auf den Eisenbahnen, wie sie in den englischen Kohlenwerken[10] in Gebrauch waren, ein sehr viel leichteres Fortkommen[11] finden. Sie suchten nach[12] und erlangten im März 1802 ein Privileg auf ihren Dampfwagen für Schienengleise.[13] Der weiteren Verfolgung dieser sehr richtigen Idee stellte sich aber bald wieder das gerade entgegengesetzte Vorurteil entgegen. Obwohl die Reibung auf den gewöhnlichen Strassen sich bei dem grossen Gewicht des Dampfwagens thatsächlich als zu gross und kaum zu besiegen erwiesen hatte, sollten nach der Meinung der Fachmänner,[14] welche die Teilnahme des Publikums bestimmten, jetzt auf einmal die Schienengleise zu glatt sein, zu wenig Reibung, zu wenig Halt für die drehenden Räder bieten,

wenn den letzteren zugemutet würde, eine einigermassen erhebliche Last zu ziehen. Unter diesem Vorurteile siechte[1] die Erfindung lange, denn man bemühte sich jetzt, nachdem man sich doch anderwärts von den Vorzügen der Schienenbahn überzeugt hatte, durch allerhand Vorrichtungen einem Übelstande zu begegnen, den man sich gleichwohl nur einbildete. Alle Welt war fest überzeugt, dass die Reibung auf den Schienen vermehrt werden müsse, ohne nur erst die Thatsachen zu prüfen und zu untersuchen, ob überhaupt ein zu geringer Widerstand vorhanden sei.

Erst Blacket war es, welcher im Jahre 1813 auf den Gedanken kam, durch das Experiment zu untersuchen, ob sich die Sache wirklich verhielte, wie man annahm, ob die Reibung zwischen eisernen Schienen und eisernen Rädern wirklich zu gering sei, um bei[2] der doch[3] nicht unbedeutenden Belastung der Lokomotive[4] eine entsprechende Zugkraft zur Wirkung kommen zu lassen.[5] Dabei fand er denn, dass die Annahme von zu geringer Reibung alles faktischen Grundes entbehre, und dass die Adhäsion der Räder an ihrer Unterlage unter allen Umständen gross genug sei. Damit war das Haupthindernis, welches lange Zeit die Vervollkommnung der Lokomotive gehemmt hatte, beseitigt: die falsche Voraussetzung. Georg Stephenson, der jetzt in die Geschichte der Lokomotive eintritt, war mit dem Stande, auf welchem sich die Maschine befand, und mit den zu ihrer Verbesserung vorgenommenen Versuchen sehr wohl bekannt. Unter seinen und seines Sohnes Händen wurde der Dampfwagen fertig, d. h. er erhielt alle die Hauptbestandteile, welche seinen Mechanismus zu einem so zu sagen organischen machten.

Georg Stephenson, welcher 1781 am 9. Juni zu Wyglam, einem kleinen Orte in der Nähe von Newcastle-upon-Tyne[6] geboren war, gehörte einer armen Arbeiterfamilie an und arbeitete zuerst als Bergmann[7] in den Kohlenwerken der

dortigen Gegend. Mit 14 Jahren etwa überkam er das Amt eines Heizers[1] in einem Maschinenhause; dabei lernte er die Einrichtung der Dampfmaschine kennen und sein offenes Auge, sowie sein mechanisches Geschick liessen ihn bald die Ausführung von Reparaturen für die benachbarten Werkstätten übernehmen. Ohne jede andere Schule als die seiner Erfahrung, ohne andere Mittel als seine hohe Intelligenz, gelang[2] es ihm, von hier ab[3] sich zu einem der Mächtigsten auf dem Gebiete der Maschinentechnik emporzuschwingen,[4] und zwar rasch, wie die Jahreszahlen seiner Erfolge beweisen. Sehr jung verheiratet, ward ihm zeitig[5] der Stolz,[6] seinen Sohn Robert (geboren 1803), dessen eminente Begabung in derselben Richtung, wie seine eigene, sich sehr früh kund gab,[7] zu seinem Mitarbeiter machen zu können.

Georg Stephenson war 1812 als technischer Leiter[8] des Maschinenwesens der Killingworther Kohlengruben angestellt worden. Hier waren schon längere Zeit, wie auch anderwärts, Schienenwege im Gebrauch, und Stephenson übernahm, eine Lokomotive zu bauen, welche die Kohlenwagen von den Gruben[9] bis zum Verschiffungsplatze[10] an dem Ufer des Tyne befördern sollte.

Diese Lokomotive, welche im Juli 1814 aus der Stephenson'schen Werkstatt zu Newcastle hervorging, hatte noch eine grosse Verwandtschaft mit einer Maschine, welche Blacket in Gemeinschaft mit Haddley konstruiert hatte. Bei einer Steigung[11] von 1 : 450 zog sie eine Last von 30 Tonnen mit einer Geschwindigkeit von sechs Kilometer[12] die Stunde.

Zur Vergrösserung der Reibung hatte man ihr ein ziemlich beträchtliches Gewicht gegeben, ausserdem waren die vier Räder durch eine Kette ohne Ende zu einem Ganzen verbunden. Der Feuerraum[13] durchzog[14] als[15] ein Rohr den Kessel und setzte sich in die Esse[16] fort.

Für die Beseitigung der Übelstände, welche bei der Lokomotive von 1814 hervortraten, und für welche ihr Erbauer ein sehr unbefangenes[1] Auge besass, lagen die Hindernisse in manchen Umständen, deren man nicht so ohne weiteres[2] Herr werden konnte.

Die Lokomotive sollte und musste eine gewisse Schwere haben, um die ihr zugemutete Zugkraft ausüben zu können; die Schienen aber, auf denen sie laufen sollte, ertrugen dieses Gewicht nicht, ohne in Gefahr des Brechens zu kommen, war[3] doch damals das Gewicht des laufenden Meters nicht mehr als 12 bis 15 Kg.,[4] während dieselbe Länge heute 35 Kg. wiegt. Bei den Bahnen, um welche es sich zunächst handelte,[5] Kohlenbahnen, konnte von einer Verteuerung, wie sie[6] die Auswechselung der alten Schienen gegen neue im Gefolge haben[7] musste, nicht die Rede sein,[8] wenn nicht dem Urteil über die Lokomotive selbst der empfindlichste Schaden beigebracht werden sollte. Stephenson suchte also zunächst die Vermehrung der Adhäsion ohne Vergrösserung des Eigengewichtes[9] der Maschine dadurch herbeizuführen, dass er die Verkuppelung[10] der Räder durch eine Kette ohne Ende aufgab und dafür mittels einer festen Stange die Räder kuppelte. Als aber zwischen Stockton[11] und Darlington[12] eine Eisenbahn gebaut werden sollte, welche nicht nur für den Kohlentransport, sondern für die allgemeine Beförderung von Frachtgütern auf dieser Strecke dienen sollte, die erste Eisenbahn in dem Sinne, welchen das Wort in der heutigen Verkehrssprache hat, da berücksichtigte er diese Umstände wohl.

Diese Eisenbahn kam vornehmlich auf Betrieb von Edward Pease, einem Aktionär[13] der Killingworther Kohlenwerke, zur Ausführung, der als solcher die Tüchtigkeit Stephenson's kennen gelernt hatte und in ihm den richtigen Mann zur Realisierung seiner Pläne sah. Er gewann Stephenson, der mittlerweile in Gemeinschaft mit dem Ingenieur Dodd

an der Vervollkommnung der Lokomotive weitergearbeitet hatte, zur Übernahme des Baues dieser 61 Kilometer langen Linie. Von den Zeitgenossen wurde der Plan geradezu für einen Unsinn ausgegeben, weil die Bahn zum Teil durch Moräste führte, deren Bewältigung man für unmöglich hielt. Stephenson aber liess sich nicht beirren, er baute nicht nur die Bahn, sondern stattete[1] sie allmählich auch mit Maschinen aus,[1] die fast allein sein eigenstes Werk waren.

Anfänglich zwar war für die Beförderung der Lasten die Zugkraft der Pferde in Aussicht genommen worden, kleinere Lastzüge wurden in der Folge auch wirklich von Pferden gezogen. Die geringe Geschwindigkeit jedoch, die sich damit nur erreichen liess und die für den zu erwartenden lebhaften Betrieb nicht genügte, besonders aber auch Stephenson's Drängen bewirkten, dass sehr bald davon wieder abgegangen und die Einführung der Lokomotive als Zugmittel beschlossen wurde. In Verbindung mit Pease, Richardson und Longridge gründete Stephenson zu Newcastle eine Maschinenanstalt,[2] die sich ausschliesslich mit dem Bau von Lokomotiven beschäftigen sollte. Die Firma wurde bald durch ihre ausgezeichneten Arbeiten weltberühmt. Im September 1825 wurde die Bahn Stockton-Darlington eröffnet, zuerst nur mit drei Lokomotiven für die grossen Lastzüge, da wie gesagt im Anfange noch Pferde verwendet wurden. Als aber die Stephenson-Dodd'sche Maschine sich so glücklich bewährte, entschloss man sich alle Züge durch Dampfwagen befördern zu lassen; damit war also die erste eigentliche Lokomotiv-Eisenbahn eine geschichtliche Thatsache geworden.

Es darf nicht Wunder nehmen, dass die Einrichtungen bei diesem ersten Unternehmen in mancher Hinsicht noch recht unvollkommen waren, und dass die eminenten Vorteile, welche der grosse Verkehr allmählich aus dem Eisenbahnwesen ziehen lernte, zur Zeit kaum erst in schwachen

Andeutungen sich bemerklich machten, keineswegs aber schon erreicht wurden. Trotzdem aber waren die Erfahrungen, welche man machte, hinlänglich ermunternd, um bald darauf für eine ungleich wichtigere Strecke, für die zwischen Liverpool[1] und Manchester,[2] eine Eisenbahn zu projektieren, bei der man denn auch sehr bald für die Lokomotive als Beförderungsmittel sich entschied.

Der enorme Verkehr zwischen den genannten beiden Städten war in den Händen von drei Kanalgesellschaften, deren erste der Herzog von Bridgewater[3] gegründet hatte. Das Monopol, welches den Besitzern der Wasserstrassen zustand, weil für die Herstellung neuer Kanäle das vorhandene Wasser nicht zureichte, hatte nicht nur bereits zu ganz extravaganten Tarifen geführt, sondern auch zu einer Nichtachtung der Interessen des Publikums, welche immer die Folge des Privilegs zu sein pflegt. Ende der zwanziger Jahre waren die Übelstände durch die wachsende Produktion endlich ganz unleidlich geworden. Es wurden Meetings gehalten, um zu beraten, auf welche Weise man aus dieser beklemmenden Situation herauskommen könne, und am 20. Mai 1826 beschloss eine Versammlung namhafter Persönlichkeiten zu Liverpool, eine Compagnie zum Bau einer Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester zu gründen. Trotz der feindseligen Operationen der Kanalgesellschaften gegen die Ausführung dieses Unternehmens erhielt dasselbe gegen Ende des Jahres 1828 doch die Autorisation des Parlamentes. Es war zwar die erste Idee der Gründer der neuen Eisenbahn, dieselbe nur für den Transport von Gütern einzurichten, die Beförderung der Reisenden war noch den Pferdefuhrwerken vorbehalten. Als aber im Jahre 1829 die Frage nach der zweckmässigsten Zugkraft dahin entschieden war, dass bei der Massenhaftigkeit der zu befördernden Güter an die Benutzung von Pferden gar nicht gedacht werden könne, nahm man den Vorschlag Georg Stephen-

son's, welcher gleich Anfangs als Ingenieur der Compagnie angestellt worden war, an und beschloss durch ein Preisausschreiben aus einer Konkurrenz von Lokomotiven diejenige, welche die gestellten Anforderungen am vollkommensten erfüllen würde, heraus zu wählen und den Betrieb mit ihr zu versehen.

Diese Anforderungen waren aber folgende:

Die Maschine (zu sechs Rädern) solle nicht mehr als 6 Tonnen Gewicht haben; sie müsse auf horizontaler Bahn mit einer Geschwindigkeit von 16 Kilometer per Stunde eine Last von 20 Tonnen einschliesslich ihres Wasser- und Kohlenbedarfes ziehen. Wenn die Maschine nur 5 Tonnen wöge, brauche sie nur 15 Tonnen zu ziehen. Für eine Maschine mit vier Rädern könne das Eigengewicht auf 4½ Tonnen heruntergehen. Endlich dürfe der Preis der Lokomotive 550 Pfd. Sterl. (11,000 Mark) nicht übersteigen.

Dass[1] für eine Linie wie die Liverpool-Manchester war, welche den Kampf mit den alle ihre gewaltigen Hülfsmittel anstrengenden Kanalgesellschaften bestehen sollte, die auf der Stockton-Darlington-Bahn brauchbaren Maschinen nicht genügend waren, lag[2] auf der Hand. Vor allen Dingen war es deren geringe Zugkraft und die sehr mässige Fahrgeschwindigkeit, welche einer Steigerung bedurften. Die geringe Kraftleistung hing aber mit der beschränkten Dampferzeugung ganz direkt zusammen. Wollte man daher grössere Kraft, grössere Geschwindigkeit, so musste notwendigerweise darauf hingearbeitet werden, eine reichlichere Dampfentwickelung zu ermöglichen.[3] Es war schon sehr richtig erkannt worden, dass zu diesem Behufe die Heizfläche[4] des Kessels vergrössert werden müsse, und Georg Stephenson hatte ja deswegen schon sein Feuerrohr durch den Kessel hindurchgeführt; der französische Ingenieur Marc Seguin hatte dann den Gedanken in genialer Weise ausgebildet, indem er (1827) statt eines einzigen starken

Rohres eine grosse Anzahl von Feuerröhren den Kesselraum durchziehen liess, welche dem entsprechend[1] von geringen Durchmessern waren, allein der Erfolg hing noch von der Erfüllung einer weiteren Vorbedingung ab, welche erst Stephenson bei seiner Preislokomotive löste. Entsprechend mit der Vergrösserung der Heizfläche musste nämlich, wenn die Dampferzeugung im gleichen Verhältnis wachsen sollte, eine um so grössere Menge Kohlen verbrannt werden, was sich nur ermöglichen liess,[2] wenn man ein Mittel fand, um das Zuströmen der Luft zum Verbrennungsraume in gleicher Weise zu verstärken.

Von dem Aushülfsmittel, welches bei unseren Fabrikanlagen seine gute Wirkung thut, die Esse zu verlängern, konnte bei den beweglichen Dampfwagen keine Rede sein.[3] Die Länge der Esse war durch mehr als einen zwingenden Umstand auf ein Minimum beschränkt. Seguin versuchte daher einen Ventilator, den er unterhalb der Feuerstätte placierte; aber derselbe war unbequem und hatte für sich wieder eine ganze Reihe von Übelständen im Gefolge.[4] Da fand Georg Stephenson eine Lösung auf andere Weise, indem er den hochgespannten Dampf aus dem Cylinder in die Esse entweichen liess und dadurch eine so eminente Bewegung der Luft nach aussen bewirkte, dass das Nachströmen frischer Luft durch den Rost der Feuerung mehr als genügenden Sauerstoff für die Verbrennung lieferte.[6]

War[7] auch das Prinzip, auf welchem das sogenannte Dampfblaserohr[8] beruht, also kein vorher unbekanntes, und hatten[9] gleichzeitig andere (wie z. B. Hackworth) derselben Idee ihre Aufmerksamkeit geschenkt, so bleibt es nichtsdestoweniger das grosse Verdienst Stephenson's, diese ausschlaggebende Verbesserung mit einem Schlage zu einem organischen Bestandteile der Lokomotive gemacht zu haben.

Jetzt erst war der Kessel in den Stand gesetzt, seine volle Wirkung auszuüben, und die Eisenbahn, welche von Liver-

pool nach Manchester gebaut wurde, bezeichnet den Anfang der neuen Epoche und damit den grossartigsten Abschnitt in der Geschichte des Weltverkehrs. Denn hier wurde die erste nach den neuen Prinzipien gebaute Lokomotive in Betrieb gesetzt,[1] und durch den Erfolg, den sie errang, machte sie sich sofort zum Modell, nach dem zunächst alle weiteren Maschinen konstruiert wurden. Die Lokomotive, an welcher Stephenson diese epochemachende Einrichtungen zuerst anbrachte, war die 'Rakete,' mit der er bei der von der Liverpool-Manchester-Eisenbahngesellschaft ausgeschriebenen Konkurrenz erschien.

Zu dem Wettkampf waren am 6. Oktober 1829 folgende fünf Lokomotiven angemeldet: 'Rakete' (*the Rocket*) von den beiden Stephenson (Vater und Sohn), 'Sanspareil' von Hackworth, 'Novelty' von Braithwaite und Erickson, 'Perseverance' von Burstall, und 'Cyklop.' Als Preisrichter fungierten Rastrick von Stourbridge, Kennedy von Manchester und Nicolaus Wood von Killingworth. Die Probefahrten selbst fanden auf der Ebene von Rainhill statt, welche auf 3,218 Kilometer eine vollkommen horizontale Bahn bietet. Die Probefahrten dauerten mehrere Tage.

Die 'Rocket' hatte nach dem Programm vier Räder und wog 4,3 Tonnen. Ihr Kessel, von 1,73 Meter Länge, hatte 25 durch denselben gehende kupferne Feuerrohre von 7 Centimeter Durchmesser. Der Dampf trat aus dem Cylinder in die Esse. Fig. 4 stellt die Stephenson'sche Maschine dar. M N ist der Feuerraum, der eine Höhe von 1 Meter und eine Breite von 70 Centimeter hatte. Der Kessel bildete den Hauptteil des Körpers der Maschine, H H sind seine Sicherheitsventile. Der Dampfcylinder A ist gegen die Treibachse so geneigt, dass die Kurbel B durch die Kolbenstange in Umdrehung versetzt werden kann. Die Kohlen befanden sich auf dem Tender E, welcher auch ein Wasserreservoir C mitführte.

Die zweite Maschine 'Sanspareil' war eigentlich durch ihr zu grosses Gewicht von dem Konkurs ausgeschlossen; man liess sie indessen doch an den Fahrten mit teilnehmen, um eventuell, wenn sie besondere Vorzüge zeigen sollte, auf sie zurückzukommen; allein sie erwies sich sehr bald als weit hinter der 'Rakete' zurückstehend. Die 'Novelty' hatte nicht zur richtigen Zeit fertig gestellt werden können, und es mussten die Versuche mit ihr einige

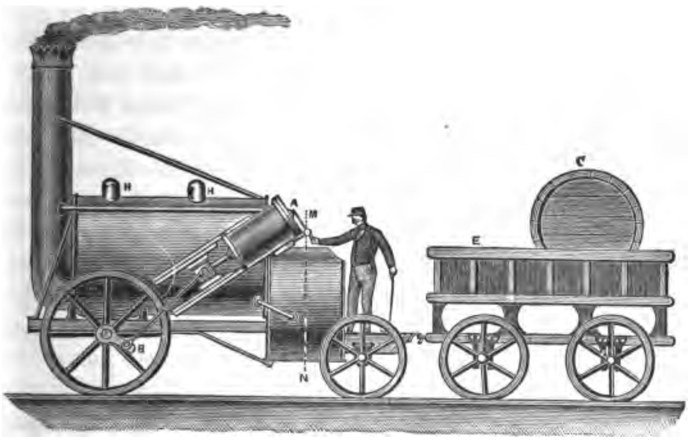


FIG. 4. — Stephenson's Preislokomotive "die Rakete."

Tage später vorgenommen werden. Sie hatte übrigens die Eigentümlichkeit, dass sie ohne Tender war, indem sie Wasser und Kohlen auf dem Dampfwagen selbst mit führte. Im Laufe der Probefahrten, bei denen die 'Novelty' eine Geschwindigkeit von 7 bis im Maximum 13 Kilometer in der Stunde entwickelte, wurde aber der Kessel schadhaft, und die Maschine musste zurückgezogen werden. Ebenso wurde die 'Perseverance' zurückgezogen, weil sie auf dem Transport Unfall erlitten hatte, und die letzte, der 'Cyklop,' entsprach den Anforderungen auch nicht. Keine von diesen

konnte der 'Rakete' den Sieg streitig machen, denn die letztere übertraf die gestellten Anforderungen durch ihre Leistungen bedeutend, indem sie bei einer Geschwindigkeit von 22,5 Kilometer pro Stunde eine Last von 13,000 Kg. auf ebenem Terrain bewegte.

Mit der durch diesen Sieg konstatierten Leistungsfähigkeit gab sie sofort dem ganzen Unternehmen der Liverpool-Manchester-Eisenbahn einen andern Charakter. Hatte man früher auf dieser Bahn nur den Waarentransport im Auge gehabt, so fasste man jetzt ohne weiteres den Entschluss, auch Reisende zu befördern. Probefahrten mit einigen dreissig oder vierzig Personen waren auf dem Felde von Rainhill bereits gemacht worden, und obwohl die neue Beförderungsweise[1] in der ersten Zeit infolge der Konkurrenz, welche die Kanalgesellschaften jetzt, mit Aufgabe aller ihrer bisher genossenen Vorteile, eröffneten, nicht einen für die Aktionäre unmittelbar sehr glänzenden Ertrag gewährte, so war die Zukunft dem Eisenbahnwesen doch auf alle Fälle gewonnen, und ebenso war die Lokomotive als der einzig mögliche Motor bewiesen.

Man erkannte jetzt, und die englische *Quarterly Review* erklärte es entschieden, dass von allen Verwendungen, welche die Dampfkraft bisher gefunden, die Lokomotive die wichtigste sei, indem sie jene Leichtigkeit des Verkehrs zwischen den entferntesten Teilen eines Landes ermöglicht, welche von allen Fortschritten am meisten zu seinem Gedeihen beiträgt, ihm erhöhte Festigkeit und Einheit des Handelns verleiht.

Auf Grund dieses Sieges wurde der Maschinenbau-Anstalt der beiden Stephenson, Vater und Sohn, der Bau sämtlicher Lokomotiven der Liverpool-Manchester-Bahn übertragen. Eine Verlängerung des Kessels und eine Vermehrung des Gesamtgewichtes war nun der nächste Fortschritt, der gemacht wurde. Damit wurde es aber notwendig, von

den bisherigen schwachen Schienen jetzt ganz entschieden abzugehen und stärkere anzuwenden.

Die Cylinder der 'Rakete' lagen, wie aus der Abbildung erhellt, oberhalb der Radachsen und waren gegen diese geneigt. Man kam aber bald darauf, sie horizontal und tiefer, zwischen die Räder zu legen, schon aus dem Grunde, weil durch ein solches Arrangement der Schwerpunkt des Ganzen mehr nach unten gerückt wurde,und die Lokomotive somit eine grössere Stabilität erhielt. Mit dieser Einrichtung war jedoch ein Übelstand verbunden, der bei dem damaligen[1] Stande der Eisentechnik schwer ins Gewicht fiel.[2] Die Treibachse musste nämlich doppelt gekröpft[3] werden, und da damals die Herstellung solcher Achsen Schwierigkeiten bot, so zogen es manche Konstrukteure vor, die Cylinder, wie schon Hacworth 1825 gethan hatte, wieder auswärts anzubringen. Heutzutage sind selbstverständlich derartige Umstände keine Schwierigkeiten mehr.

Wie wir bald sehen werden, wenn wir uns mit der Einrichtung der Lokomotive näher bekannt machen, war das Wesen dieser Maschine durch die beiden Stephenson, welche gemeinschaftlich die 'Rakete' ersonnen hatten, in seinen Grundprinzipien vollständig erschöpft. Das Prinzip, nach dem Lokomotiven gebaut werden, ist denn auch bis heute dasselbe geblieben, welches die beiden genialen Ingenieure aufgestellt haben; die Abänderungen, welche naturgemäss nicht vorweg ausgeschlossen sein konnten, beziehen sich auf Einzelheiten des Arrangements, der Steuerung[4] und der Ausnutzung[5] der Expansion des Dampfes u. s. w., und sind in diesen Punkten von den Vervollkommnungen abhängig gewesen, die der Dampfmaschine noch zuteil geworden sind. Solcher Art sind die Verbesserungen, welche Claveiron in Frankreich auf der Bahn von Paris nach St. Germain mit seiner Expansionsmaschine und Robert Stephenson mit der sogenannten

Coulissensteuerung[1] eingeführt hat. Oder es sind Einrichtungen für specielle Fälle, Eilzugslokomotiven[2] und Lastzugslokomotiven,[3] oder für besondere Bodenverhältnisse,[4] wie solche namentlich bei den[5] von englischen Terrainverhältnissen ganz verschiedenen kontinentalen Eisenbahnlinien[5] vorkamen. Als man sich getraute, Wasserscheiden[6] mit den Eisenbahnen zu übersteigen und[7] die Linien durch enge Thäler in scharfen Kurven führen musste, traten die Lokomotivbauer vor eine neue Aufgabe.

In England machten sich derartige Bedürfnisse nicht sobald bemerklich als anderwärts. Um sich in Bezug auf Steigung und Krümmung[8] der Bahnlinie mehr Freiheit zu verschaffen, bauten Balduin und Norris in Philadelphia bereits 1833 Lokomotiven, deren Vorderteil beweglich war und das Befahren scharfer Kurven gestattete. Bei uns war es vorzüglich die Bahn über den Semmering[9] (1850), welche die erste grossartige Gebirgsübersteigung zur Thatsache machte, und für die allerdings ganz besonders kräftige Zugmaschinen zu beschaffen waren. Den Preis, der hier für die beste Gebirgslokomotive ausgesetzt wurde, welche auf Steigungen von 1 zu 40 und in scharfen Kurven eine angehängte Last von 2500 Centner[10] mit einer Geschwindigkeit von 12 Kilometer in der Stunde ziehen sollte, erhielt die von der Maffei'schen Maschinenbauanstalt in München gelieferte Lokomotive 'Bavaria.'

IV.

Seitdem haben auch auf diesem Gebiete neue Erfindungen sich Eingang verschafft. Es leuchtet ein, dass für stark geneigte Gebirgsbahnen die Adhäsion der gewöhnlichen Lokomotiven, welche für horizontale Bahnen genügt, nicht mehr hinreichend sein wird, um der Maschine die verlangte

Zugkraft zu geben. Die Gebirgslokomotiven sind aus diesem Grunde schon sehr viel schwerer, als die für flaches Terrain. Man hat nun, weil die Belastung des Dampfwagens als todte Masse kostspielig zu befördern ist, versucht, durch andere Mittel die Reibung zwischen Lokomotive und Bahn zu vermehren. Die schon für die Semmeringbahn von Krauss in Hannover vorgeschlagene Einrichtung, nach welcher zwischen die beiden Schienen des Geleises eine dritte Schiene etwas erhöht gelegt werden sollte, gegen welche von beiden Seiten Friktionsräder angepresst wurden, ist später von Fell für die Interimsbahn für den Mont Cenis[1] mit Erfolg benutzt worden. Für die noch steiler aufsteigenden Bahnen, wie sie in den letzten Jahren Mode geworden sind, um bequeme Touristen auf hochgelegene Aussichtspunkte der Schweiz und anderswo zu transportieren, hat man in der Mitte eine Zahnstange[2] angebracht, an welcher sich die Lokomotive mittels eines eingreifenden[3] Zahnrades[4] emporhaspelt.

Um die neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete des Dampfmaschinenbaues zu verstehen, wäre ein näheres Eingehen auf die ganze Konstruktion der Maschinen erforderlich; dieses kann aber natürlich nicht der Zweck des gegenwärtigen Artikels sein, der sich innerhalb der Grenzen einer gemeinverständlichen wissenschaftlichen Erklärung bewegt. — Das Sicherheitsventil, jener für die Umgebung von Dampfkesseln so bedeutsame Apparat, dürfte jedoch eine kurze Erwähnung mit Recht beanspruchen. Man hat sehr verschiedene Mittel angewandt, um,[5] wenn ja[6] einmal die Spannung des Dampfes im Innern des Kessels jene Höhe erreichen sollte, für welche die Wände nur ungenügenden Widerstand zu leisten vermögen, alle Gefahren einer Explosion zu beseitigen und den Dampf sich selbst einen Ausgang verschaffen zu lassen. Namentlich ist man zu wiederholten Malen darauf zurückgekommen, in die

obere Kesselwand Platten[1] von eigentümlichen Metalllegierungen[2] einsetzen zu lassen, deren Schmelzpunkt man genau in der Weise regulieren konnte, dass sie eher zusammen schmelzen, als der Dampf die eisernen Kesselplatten zerdrücken kann. Indessen haben sich doch diese Vorrichtungen *in praxi* nicht so zweckmässig erwiesen, als es scheinen möchte, und es bleibt das einfache Kegelventil,[3] welches mit einem entsprechenden Gewicht von aussen belastet[4] und dadurch in eine genau anschliessende Öffnung gepresst wird, das Sicherste, denn man hat es hier ganz in seiner Gewalt,[5] jeden Augenblick durch Veränderung des Hebelarmes,[6] an welchem das Gewicht wirkt, den Druck desselben den Umständen gemäss[7] modifizieren zu können, und man wendet es daher auch jetzt fast ausschliesslich an. Gerade die leichte Veränderbarkeit seines Widerstandes hat zwar mancherlei Bedenken[8] erregt, die darin ihre Stütze suchen, dass der für das Leben anderer so wichtige Apparat, einer leichtsinnigen Behandlung preisgegeben,[9] seinem Zwecke ganz und gar verloren[10] gehen kann. Allein verwirft man das Messer, weil damit schon Menschen getötet worden sind? Übrigens beseitigt kein Sicherheitsventil alle Gefahren, welche möglicher Weise bei einem Dampfkessel eintreten können. Kesselexplosionen entstehen nämentlich durch das Bersten der[11] sich aus den mineralischen Rückständen des verdampfenden Wassers absetzenden Schicht,[11] des Kesselsteines,[12] wodurch dann der unterhalb glühende Kesselboden mit dem zutretenden Wasser in Berührung kommt und die Dampfentwickelung eine so plötzliche und ungeheuere wird, dass die Kesselwände den Druck nicht auszuhalten vermögen — sie treten ein[13] trotz des Sicherheitsventils, und nur die ängstlichste Vorsicht, die gewissenhafteste Beobachtung aller Umstände und rechtzeitige Ergreifung von Gegenmassregeln kann sie vermeiden. Nirgends ist mehr Gewissenhaftigkeit erforder-

lich, als wo sich der Mensch mit seinen schwachen Kräften zum Beherrscher eines Riesen aufwirft, wie der Dampf ist.

Auf die ungemeine Wichtigkeit der von Stephenson erfundenen Coulissensteuerung[1] möchten wir noch einmal aufmerksam machen. Die scharfsinnige Einrichtung dieses Apparats wird durch Folgendes verständlich werden. Wie sich uns sofort ergiebt, stimmt[2] der Bewegungsmechanismus der Lokomotive vollständig überein[2] mit dem Bewegungsmechanismus einer Dampfmaschine mit liegendem[3] Cylinder, nur dass die Stelle des Schwungrades durch die Treibräder eingenommen wird. Dort wie hier wird die Zuleitung des Dampfes bald vor, bald hinter den Kolben durch ein Excentrik[4] bewirkt, an welchem die Schieberstange[5] hängt; bei der Lokomotive findet jedoch der Unterschied statt, dass nicht blos eine Excentrikscheibe sich auf jeder Seite der Treibräderachse befindet, sondern zwei, dicht neben einander, deren Excentrizitäten entgegensetzt sind, so dass, wenn die eine Scheibe den Dampf vor den Kolben leitet, die andere ihn hinter denselben leiten würde. Das Excentrik wird von einem Ringe umgeben, in welchem sich die Scheibe dreht und an dem die Schieberstange[5] hängt. Von den beiden Excenterscheiben der Lokomotive ist aber immer nur die eine in dieser Weise in Verbindung mit dem Schieber; mittels des Hebels kann jedoch sofort die Schieberstange auf das andere Excenter geschoben und damit bewirkt werden, dass augenblicklich die entgegengesetzte Dampfzuleitung eintritt, die Richtung der Lokomotive sich also in die entgegengesetzte ändert. Eine dritte Scheibe ist noch vorhanden, welche, mit dem Schieber in Verbindung gesetzt,[6] bewirkt, dass die Maschine ganz still steht. Der Hebel wirkt natürlich so, dass auch für den auf der andern Seite liegenden Cylinder dieselbe Schieberänderung eintritt.

V.

Bei dem Bestreben, die Expansion des Dampfes aus Rücksicht auf ökonomischeste Wirkungsweise soweit als möglich zu treiben, kam man bald zu der Erkenntnis, dass die grosse Expansion bei nur einem Cylinder eine verhältnissmässig starke Abkühlung nach sich zog[1] und so die Vorteile der hohen Expansion zum Teil wieder aufhob.[2] Ausserdem tritt[3] bei den eincylindrigen Maschinen ein sehr unregelmässiger Gang ein,[3] und infolge der starken Druckdifferenzen erreicht der Dampfverlust durch Undichtigkeit des Kolbens oft eine bedeutende Höhe.

Alle diese Umstände führten zur Konstruktion der Zweicylindermaschinen, die sich in zwei Klassen (Woolfsche und Compound-Maschinen) einteilen lassen. Das Prinzip, auf welchem beide Klassen beruhen, lässt sich kurz so ausdrücken: Der Kesseldampf, auch Admissionsdampf genannt, wirkt zuerst in einem kleinern Cylinder entweder mit vollem Druck während des ganzen Kolbenhubes oder mit teilweiser Expansion und gibt[4] so nur einen Teil seiner Arbeit ab.[4] Die durch Expansion noch zu erzielende Kraftleistung wird durch einen grössern Cylinder, in welchen der Dampf aus dem kleinern geleitet wird, nutzbar gemacht. Das unterscheidende Merkmal der beiden genannten Arten von Dampfmaschinen besteht darin, dass in der Woolfschen Maschine beide Kolben sich derart bewegen, dass sie ihren Hub gleichzeitig vollenden, die Kurbeln also gar nicht oder um einen Winkel von 180° verstellt sind, während die Compound-Maschinen um einen Winkel von 90° verstellte Kurbeln haben, so dass der eine Kolben in der Mitte des Hubes steht, wenn der andere am Ende seines Wegs angelangt ist. Die letztere Anordnung sichert der Maschine einen gleichförmigen Gang, macht jedoch ein Zwischenreservoir notwendig, welches den Dampf auf seinem Wege

vom kleinen Cylinder in den grossen aufnimmt. Dieses Reservoir, auch Dampfkammer oder Receiver genannt, hat der Klasse der Compound-Maschinen den Namen Receiver-Dampfmaschinen verschafft.

Dampfkessel ist ein zur Erzeugung von Dampf für technische Zwecke dienender Apparat. Derselbe bildet ein geschlossenes, heizbares Gefäss, welches teilweise mit Wasser gefüllt wird und dessen übriger Teil dazu bestimmt ist, den entwickelten Dampf aufzunehmen. Dampfkessel werden vorwiegend[1] aus Eisenblech[2] oder Stahlblech[3] hergestellt; das Kupfer findet des hohen Preises wegen nur zu einigen Teilen der Dampfkessel Verwendung und Gusseisen[4] darf mit Rücksicht auf seine geringe Festigkeit in den meisten Staaten als Dampfkesselmaterial nicht benutzt werden. Als unzertrennbares Zubehör[5] des Dampfkessels ist die Feuerung zu betrachten, welche die zur Dampfbildung nötige Wärme erzeugt. Da die Dampfkessel in den weitaus meisten Fällen Dampf von hoher Spannung zu liefern haben, ist in erster Linie die Höhe dieses Drucks für die Konstruktion des Dampfkessels und die Stärke des zu verwendenden Materials massgebend. Da aber von jedem Dampfkessel auch eine ökonomische Wirkungsweise verlangt wird, d. h. dass derselbe mit einer bestimmten Brennstoffmenge die grösstmögliche Dampfmenge erzeugt, so sind es diese beiden Faktoren, welche namentlich in neuerer Zeit bei Dampfkesselanlagen[6] bestimmend auftreten.

Die Formen, die man den Dampfkesseln gibt, sind äusserst mannigfaltig und setzen sich zusammen mit Rücksicht auf die Verwendungsweise und den hierdurch bedingten Grad der Festigkeit. In Bezug auf letzteren Punkt würde die Kugelgestalt die zweckmässigste sein, da dieselbe unter sonst gleichen Umständen die grösste Widerstandsfähigkeit besitzt und mithin die dünnsten Wandungen zulässt. Da jedoch ein solcher Kessel hin-

sichtlich der günstigen Ausnutzung des Brennmaterials sich als unzweckmässig erweist, so hatte man als Grundform die Form einer cylindrischen Röhre mit annähernd kugelförmigen Enden angenommen, welche auch jetzt noch viel angewendet wird, weil sie in Bezug auf Widerstandsfähigkeit der Kugelform wenig nachsteht, dabei aber eine vollständigere Ausnutzung der Wärme gestattet. Nur ganz besondere Umstände lassen eine Abweichung von der cylindrischen Form gerechtfertigt erscheinen. So ist bei der Konstruktion der Lokomobil- und Lokomotivkessel die Anbringung eines parallelopipedischen oder kastenartigen Vorderteils nicht immer zu vermeiden; auch Schiffskessel können häufig nicht durchweg aus cylindrischen Teilen zusammengesetzt werden.

An jedem Dampfkessel unterscheidet man folgende drei Hauptteile: den Wasserraum, den Dampfraum und die Heizfläche. Die Grösse dieser einzelnen Teile an sich und im Verhältnis zu einander wird durch die Umstände bedingt, unter denen der Kessel Verwendung finden soll. Unter Wasserraum ist derjenige Teil des Kessels zu verstehen, welcher stets mit Wasser gefüllt ist. Die Grösse der in demselben enthaltenen Wassermenge ist von bedeutendem Einfluss auf die Dampfentwickelung. Je grösser die Wassermasse ist, um so regelmässiger ist die Dampfentwickelung und dieser Umstand bietet ein einfaches Mittel, um Unregelmässigkeiten in der Wärmezuführung und dem Dampfverbrauch auszugleichen, so dass das Kesselwasser gleichsam als Wärmereservoir wirkt. Demnach ist bei solchen Kesseln, wo die Dampfentnahme eine sehr ungleiche ist, ein grosser Wasserraum erforderlich, während da, wo der Dampfverbrauch mehr konstant ist und eine rasche Dampfentwickelung verlangt wird, ein kleiner Wasserraum angemessen ist. Der Dampfraum hat hauptsächlich den Zweck, dem Dampf Zeit zu lassen, sich

von den mitgerissenen Wasserteilchen zu trennen; als Dampfsammler ist seine Wirkung bei weitem nicht so bedeutend, als die des Wasserraums und es ist eine irrige Ansicht, wenn man glaubt, durch grosse Dampfräume Unregelmässigkeiten im Dampfverbrauch kompensieren zu können. Die *Heizfläche* ist derjenige Teil der Kesseloberfläche, welcher einerseits mit der Flamme und den Verbrennungsgasen, andererseits mit dem Kesselwasser in Berührung ist, also diejenige Wandung des Kessels, welche die Wärme des Feuers aufnimmt und an das Kesselwasser abgibt. Augenscheinlich wird ein Kessel um so mehr Dampf entwickeln, je grösser seine Heizfläche ist, und es gehen daher alle neuern Konstruktionen von dem Gedanken aus, auf möglichst kleinen Raum eine möglichst grosse Heizfläche zu schaffen. Die Heizfläche wird ihrem Zweck, Überführung der Heizwärme in das Kesselwasser, um so besser entsprechen, je reiner ihre Oberfläche auf beiden Seiten ist. Beim Betrieb der Dampfkessel bildet sich jedoch Russ[1] und Rost[2] auf der einen Seite, Kesselstein[3] und Schlamm auf der andern Seite, die als schlechte Wärmeleiter die Wirkung der Heizfläche wesentlich beeinträchtigen, ein Übelstand, dem man durch verschiedene Mittel zu begegnen sucht.

Geologie.[1]

I.

Die Geologie oder Erdgeschichte umfasst alle Untersuchungsgebiete,[2] welche sich mit unserer Erde befassen. Ein Gesamtbild von unserer Erde sich zu machen, ist sehr schwierig, denn dabei müssen nicht nur die pflanzlichen[3] und tierischen Bewohner, die Verteilung von Festland und Meer in Betracht[4] gezogen werden, sondern es[5] knüpfen sich daran auch sofort die Fragen über die Zusammensetzung, den Aufbau und die Bildung der Erdoberfläche, sowie über die Entwickelung ihrer Bewohner. Alles das sind Fragen, welche in das Gebiet der Geologie fallen, und auf welche sie auch in vielen Fällen genügende und sichere Auskunft geben kann. Freilich gibt es auch eine Reihe von Problemen, auf welche nur mit Theorien und Hypothesen geantwortet werden kann; dass aber auch diese jetzt noch ungelösten Probleme in nicht mehr allzulanger Zeit eine befriedigende Erklärung finden, ist zu erwarten, denn unsere Wissenschaft ist eine sehr jugendliche und täglich mehren sich die Resultate, welche einen Beitrag zu dem Gesamtbild der Erdgeschichte liefern.

Es wird bekanntermassen angenommen, dass die Erde wie die anderen Planeten sich in gasförmigem Zustand von der Sonne abgelöst habe,[6] um nun als selbständiger Weltkörper, aber immer noch in Abhängigkeit von ihrem Entstehungspunkt im Weltraum zu schweben. Es[7] ist dieser Ursprung der Erde zwar nur eine Hypothese, aber diese

wird zur grössten Wahrscheinlichkeit gemacht, da eine Reihe von Erscheinungen mit ihr in vollem Einklang stehen, die sich auf andere Weise kaum erklären liessen (Kreislauf[1] der Erde um die Sonne, Verhältnis zu den andern Planeten, Abplattung[2] an den Polen).

Die ursprünglich gasförmige Kugel musste sich schliesslich im Weltraum von aussen her abkühlen, und die ursprünglich gasförmigen Elemente begannen in glutflüssigen Zustand überzugehen, bis auch dieser schliesslich dem festen Zustande wich.[3] So bildete sich die erste Erstarrungskruste[4] der Erde, welche mit der Zeit immer mehr an Dichtigkeit zunahm. Auch heutzutage ist die Erde noch keineswegs vollständig erstarrt, sondern die glutflüssigen Lavamassen der Vulkane, die heissen Quellen und Geysirs,[5] wie die Beobachtungen in Bohrlöchern[6] und Bergwerken, welche eine stetige Zunahme der Temperatur nach der Tiefe ergeben, beweisen uns mit Sicherheit, dass im Erdinnern noch Verhältnisse herrschen, unter denen die Gesteine sich in flüssigem, vielleicht sogar in gasförmig überhitztem[7] Zustande befinden. Die Erstarrung ging aber nicht ruhig vor sich,[8] indem jedes Element für sich erstarrt wäre, sondern sie war verbunden mit grossartigen und komplizierten chemischen Prozessen, als deren Endresultat uns jetzt die Mineralkörper entgegentreten. Die Untersuchung der Mineralien und ihrer Eigenschaften ist Aufgabe der Mineralogie, unsere Aufgabe ist es dagegen, das gesetzmässige Zusammentreten der Mineralbestandteile zu Gesteinen kennen zu lernen, um einen Überblick über das Material zu bekommen, aus welchem sich die Erdkruste aufbaut. Die Wissenschaft, welche sich mit der Gesteinslehre befasst, ist die Petrographie.[9] Ihre Untersuchungen werden teils auf chemischem, teils auf krystallographischem Wege durchgeführt, und zur Lösung dieser Aufgabe dient vor allem das Mikroscop.

Man unterscheidet unter den Gemengteilen[1] der Gesteine wesentliche Bestandteile,[2] d. h. solche, welche für den betreffenden Gesteinscharakter massgebend[3] sind und in demselben nie fehlen, und accessorische Bestandteile, welche nur gelegentlich und auf Lokalitäten beschränkt in dem betreffenden Gestein vorkommen. Diese accessorischen Bestandteile treten[4] gewöhnlich in Form von Krystallen oder Körnern in dem Gestein auf,[4] ballen sich häufig auch zusammen und können unter Umständen in solcher Menge ausgebildet sein, dass sie die wesentlichen Bestandteile bei weitem überwiegen und so dem Gesteinstypus einen ganz verschiedenartigen Charakter aufprägen. Man bezeichnet solche Ausbildung als Gesteinsvarietäten.

Wir können die Gesteine von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachten, indem wir entweder ihre Bildungsweise (Petrogenese[5]) als Ausgangspunkt nehmen, oder indem wir sie auf ihre Zusammensetzung (Petrographie[6]) prüfen. Im ersteren Falle erhalten wir 2 Hauptgruppen:

1. Gesteine von massiger Struktur, die als feuerflüssige Massen aus dem Erdinnern emporgedrungen sind, sog.[7] Eruptivgesteine.

2. Mehr oder minder deutlich geschichtete[8] Gesteine, die ihre Bildung auf wässerigem[9] Wege durch Meeresablagerungen u. s. w. durchgemacht haben — sog.[7] Sedimentärgesteine.

Der zweite (petrographische) Weg lässt uns 3 Gruppen von Gesteinen unterscheiden, welche natürlich teils Eruptivgesteinen teils Sedimentärgesteinen angehören können.

1. Einfache Gesteine, die nur aus einer einzigen Mineralsubstanz bestehen.

2. Gemengte Gesteine, die aus einem Gemenge mehrerer Mineralsubstanzen zusammengesetzt sind.

3. Trümmergesteine (klastische[10] Gesteine), welche

zum grossen Teile aus losen oder verkitteten[1] Trümmern und aus erdigen oder sandigen Überresten anderer Gesteine gebildet sind.

Es kann sich hier nicht um ein näheres Eingehen in alle diese einzelnen Untersuchungsgebiete handeln, und so können wir nur auf die erste Gruppe (einfache Gesteine) Bezug nehmen.

Eis (Wasser H_2O). Das aus Schnee entstandene Gletschereis[2] bildet sowohl wegen seines massenhaften Auftretens, als auch wegen seiner umwälzenden Kraft einen überaus wichtigen geologischen Faktor[3] von der Diluvialzeit[4] ab bis zur Jetztzeit.

Quarz (Kieselsäure[5] SiO_2) ist eines der häufigsten Mineralien und tritt in der verschiedenartigsten Form auf. Er bildet wesentliche Bestandteile der meisten krystallinischen Schiefer,[6] der Granite, Quarzporphyre,[7] Quarzdiorite,[8] sodann der Sandsteine und der meisten Thonschiefer.[9] In den Hohlräumen[10] und Gängen[11] krystallisiert Quarz häufig aus[12] (Bergkrystalle[13]), aber auch im vulkanischen Gestein sind die Krystalle nicht selten ringsum ausgebildet (porphyrische Ausbildung). Tritt der Quarz in grossen Massen auf, so ist er in die einfachen Gesteine einzureihen; so der Quarzit,[14] eine körnige bis dichte Quarzmasse zum Teil wohl geschichtet, und der Kieselschiefer,[15] meist schwarzes, dichtes, dünnschiefriges Quarzgestein, beide in den älteren Schiefern vorherrschend. Feuerstein,[16] Hornstein,[17] Jaspis[18] sind nicht selten Begleiter der Kalkformationen,[19] dazu treten noch aus der Gruppe der Opale[20] oder Kieselsäure-Hydrate in den jüngeren Formationen die Absätze heisser Quellen, sog.[21] Kieselsinter.[22]

Eisenerze. — Die Eisenverbindungen treten[23] in allen Gesteinen in grosser Menge auf und verleihen denselben bei der Verwitterung[24] meist die rostig braune Färbung. Manchmal bilden die Eisenerze mächtige Ablagerungen und

sind deshalb als einfache Gesteine aufzuführen. Hierher gehört der Brauneisenstein[1] (Fe_4O_3 [H O]$_6$) (Rasenerz und Bohnerz), Roteisenstein (Fe_2O_3) besonders häufig als mächtige Eisenoolithe entwickelt, Magneteisenstein[2] (Fe_3O_4) teils in grossen Lagen in den archäischen Formationen, teils als accessorischer Bestandteil fast aller massigen Gesteine und der krystallinischen Schiefer. Spateisenstein[3] und Thoneisenstein, die kohlensaure Verbindung des Eisens ($FeCO_3$ mit Verunreinigungen durch Ca, Mg, Mn und Thon) findet sich bald[4] in Gängen ausgeschieden, bald selbständige Stöcke bildend.

In ähnlicher Weise oder mit den Eisenerzen verbunden treten die Mangan-[5] und Titanerze auf.

Steinsalz,[6] (NaCl). Das Chlornatrium findet sich in allen sedimentären Formationen, wo es sich durch Verdunstung des Meerwassers niedergeschlagen hat.* In der Regel ist es nicht vollständig rein, sondern verunreinigt durch Anhydrit[7] (Salzthon), dazu treten in den oberen Lagen (z. B. Stassfurt[8]) noch eine Reihe anderer Verbindungen, Chlorkalium oder Sylvin,[9] Chlorcalcium und Chlormagnesium (Carnallit). Die Mächtigkeit der Salzlager ist oft eine ganz enorme; bei Sperenberg[10] (unweit Berlin) über 1300 m, bei Wieliczka[11] stellenweise über 1400 m.

Das häufigste Carbonat[12] ist der kohlensaure Kalk ($CaCO_3$), Kalkspat[13] und Kalkstein,[14] welcher den grössten

* 1 Kilo Meerwasser enthält:

Chlornatrium	27,18
Chlormagnesium	3,35
schwefelsaure Magnesia . .	2,27
schwefelsauren Kalk . . .	1,27
Chlorkalium	0,61
Brommagnesium	0,05
doppelkohlens. Kalk . . .	0,04
	34,77 Gramm.

Teil der Sedimentärformationen bildet. Je nach der Struktur und Verunreinigungen durch Thon unterscheidet man eine Reihe von Varietäten. Marmor oder körniger Kalk tritt meist in den alten Formationen auf; gemeiner Kalkstein ist von sehr feinem Korn und gewöhnlich durch fremde Mineralsubstanzen (Thon, Kieselsäure, Dolomit,[1] Eisen und Bitumen[2]) verunreinigt und gefärbt. Nach der Struktur lässt sich dichter, oolitischer (aus kleinen rundlichen Körnern zusammengesetzt, Rogensteine), poröser (Kalktuff[3]) und erdiger (Kreide) Kalkstein unterscheiden. Im Kalkgestein finden sich am häufigsten und schönsten die Versteinerungen[4] erhalten.

Dolomit. Verschiedenartige Mischung von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Bittererde[5] ($CaMgCO_3$). Auftreten[6] weniger häufig als Kalkstein, aber in derselben Weise und mit diesem verbunden. Die porösen zelligen Varietäten heissen Rauchwacke.[7]

Anhydrit und Gips[8] (wasserfreies und wasserhaltiges Calciumsulfat, $CaSO_4 . 2H_2O$). Beide treten besonders in den thonigen Schichten auf und sind stete Begleiter des Steinsalzes. Auch hier herrschen meist Verunreinigungen durch Kalk, Thon, Eisen und Bitumen vor.

Die Phosphate[9] sind im allgemeinen selten, nur der phosphorsaure Kalk oder Apatit[10] ($Ca_5Cl\,[PO_4]_3$) tritt in den meisten Gesteinen als accessorischer Bestandteil auf, und ist in einzelnen Gegenden als Phosphoritgestein von grossem technischem Werte.

Die ausserordentlich formenreiche Gruppe der Silikate ist von besonderer Bedeutung für die gemengten Gesteine, da die meisten Mineralien der vulkanischen Gesteine zur Gruppe der Silikate zu zählen sind. Als selbständige einfache Gesteine treten sie jedoch nur selten auf.

Organische Verbindungen. — Diese finden sich ausschliesslich in den sedimentären Formationen und sind aus

der Zersetzung und Verkohlung[1] von tierischen und pflanzlichen Überresten entstanden. Die organischen Verbindungen treten entweder als Kohlenwasserstoffe[2] (Petroleum, Naphtha, Steinöl) meist als Imprägnierung erdiger Gesteine, oder als Harze (Bernstein, Copal, Asphalt) oder auch als Kohlen auf. Die Kohlen entstehen aus Pflanzen und können wir deren Bildung an den Torfmooren[3] heute noch beobachten; je[4] älter die Kohlenablagerungen sind, um so[4] fester wird das Gestein und um so grösser der Gehalt an Kohlenstoff. Die grössten Kohlen-Ablagerungen treffen wir in der Steinkohlenformation.[5] Nach dem Gehalt an Kohlenstoff, der Festigkeit[6] und dem Alter unterscheidet man Anthracit,[7] Steinkohle (Glanzkohle,[8] Grobkohle, Schieferkohle, Russkohle, Faserkohle) Braunkohle[9] und Torf.

II.

Die Bildung der Erdoberfläche.

Unter welchen Umständen ist die Bildung der Erdoberfläche mit ihren Bergen und Thälern vor sich gegangen? Die Sedimentärgesteine sind aus Niederschlägen des Wassers gebildet und darum ursprünglich in horizontalen Schichten abgelagert; demungeachtet sehen wir sie aber zum grössten Teile in schräger Stellung auftreten und müssen deshalb annehmen, dass nach der Ablagerung noch weitere Veränderungen in örtlicher Beziehung oder Dislokationen vor sich gegangen sind. Zu demselben Resultate führt uns die Beobachtung, dass wir auf den höchsten Berggipfeln in den Gesteinen Versteinerungen finden, welche für eine Tiefsee-Ablagerung sprechen; wo also jetzt ein hoher Berg steht, musste früher tiefes Meer gewesen sein. Es ist nicht möglich, dass früher auf der Erde mehr Wasser vorhanden war, als jetzt; es sind daher solche Erscheinungen

nur durch ein mit bedeutenden Niveauveränderungen verbundenes Schwanken der Erdoberfläche zu erklären.

Wir gehen wieder von der Hypothese aus, dass die Erde aus einem ursprünglich gasförmigen, dann feuerflüssigen Zustand erstarrt ist. Mit dieser Erstarrung ging natürlich auch eine Zusammenziehung,[1] eine Verringerung des Volumens Hand in Hand. Von der Zeit ab, da sich um die Erde eine starre Kruste gebildet hatte, traten in diesem Mantel[2] ganz abnorme Spannungsverhältnisse[3] ein, da der Mantel zwar das Bestreben hatte, sich dem innern Kerne[4] anzulegen, der immer mehr zusammenschrumpfte, aber durch seine Starrheit daran verhindert wurde. Schliesslich musste es zu einem Brechen und Verschieben in dem Mantel kommen, um die Wölbung zu verringern; einzelne Teile schoben sich übereinander, andere wurden quer gestellt und dadurch ergab sich für weitere Massen Platz, um abzusinken. Das Bild des ursprünglich gleichen Mantels wurde nun ein sehr verworrenes, die Oberfläche wurde bedeckt mit Sprüngen und Rissen, und infolge der Verschiebungen entstanden Einsenkungen und Erhöhungen. Dieser Prozess des Schrumpfens der Erde und ihrer Kruste dauerte aber durch alle Formationen bis zur Jetztzeit fort und so sehen wir auch heute noch dieselben Erscheinungen wie damals. Wir müssen uns aber davor hüten, uns diese Verschiebungen ruckweise und katastrophenartig zu denken, sondern sie gehen so langsam und gleichmässig vor sich, dass sie sich in den meisten Fällen unserer direkten Beobachtung[5] vollständig entziehen.

Man bezeichnet diese langsamen Verschiebungen als säkulare[6] Hebungen und Senkungen, da es vieler Jahrhunderte bedarf, bis ihre Spuren auffällig werden. Diesen Bewegungen unterliegen ganze Kontinente ziemlich gleichmässig und dies erschwert natürlich sehr die Beobachtung, doch bleiben uns in den Veränderungen der Küsten, mensch-

lichen Wohnstätten, die jetzt unter dem Meeresspiegel liegen, den merkwürdigen Bauten der Korallenriffe,[1] ferner echten Meeresbildungen hoch über dem jetzigen Meeresniveau und andern Erscheinungen noch genügende Beweise, dass eine fortwährende Veränderung in dem Verhältnis von Meer und Festland stattfindet. Als Beispiele von Hebungen mögen die schwedischen Küsten angeführt sein, wo die Hebung auf Grund von eingeschlagenen Wassermarken in einem Jahrhundert bis zu 1,36 m betragen hat. Als Beispiel kontinentaler Senkung dient am besten Polynesien[2] mit der kontinentalen Tierwelt, die wir dort finden, und den grossen Korallenbauten.

Die riffbildenden Korallen leben nur in geringer Tiefe unter dem Meeresspiegel; nun finden wir aber Riffe, die bis

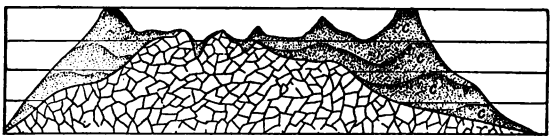


FIG. 5. — Korallenriff Bildung.

c—c, Verschiedene Meeresfläche und die damit verbundenen Stadien in der Entwickelung des Riffes.

zu bedeutender Tiefe hinabreichen. Dies ist nur dadurch erklärlich, dass der Boden früher nur wenige Meter unter dem Meeresspiegel lag, auf dem sich die Korallen ansiedelten; durch fortdauerndes langsames Sinken des Untergrundes werden die Korallen gezwungen, immer wieder auf den alten abgestorbenen[3] Stöcken aufzubauen, um nicht mit in die Tiefe zu sinken. So entstehen die Korallenriffe und Koralleninseln.

Die weitgehenden Veränderungen, welche kontinentale Verschiebungen mit sich bringen, lernen wir erst kennen, wenn wir die geologischen Perioden in Betracht ziehen;

ganze Weltteile, welche jetzt Festland sind, waren früher überflutet, und in einzelnen Fällen können wir noch auf das klarste das langsame Vordringen des Meeres über das alte Festland in geologischen Perioden nachweisen. Wie die grossen Erdmassen im ganzen, so unterliegen auch wieder die einzelnen Teile einer Verschiebung und Veränderung aus ihrer ursprünglichen Lage. An einzelnen Punkten muss es zu einem Ausgleich des übermässigen Druckes kommen und dort werden nun die Massen entweder zusammengeschoben und emporgehoben, oder auch hat sich Platz gebildet, um ein Zusammenbrechen und Versinken einzelner Schichten zu ermöglichen. In beiden Fällen bilden sich Unebenheiten auf der Erde, die uns als Gebirge entgegentreten.

Die Erdbeben werden bewirkt durch Erschütterungen im Innern des Erdbodens und diese finden ihre Erklärung zum grossen Teile in plötzlich ruckweisen[1] Verschiebungen[2] oder einem Brechen und Verstürzen der Schichten. Es erfolgt also hier infolge allzu grosser Spannungen der Vorgang sehr plötzlich, welcher sonst nur sehr langsam und unmerkbar vor sich geht. Man bezeichnet diese Art von Erschütterungen als tektonische[3] Erdbeben; sie zeichnen sich in der Regel durch lange Dauer und weite Verbreitung aus. Andererseits bewirken natürlich auch die andringenden Dampf- und Feuermassen der Vulkane, welche bemüht sind, die auf ihnen lastende Decke zu durchbrechen, unter Umständen gewaltige Erschütterungen, welche als vulkanische Erdbeben zu bezeichnen sind. Sie beschränken sich nur auf die Umgegend der thätigen Vulkane und das Erdbebenzentrum für sie ist der Kanal des Vulkanes, der im Begriffe ist zu explodieren. Kleinere lokale Erdbeben, sog. Einsturzbeben, entstehen zuweilen infolge von Unterhöhlung des Bodens durch Wasser und ein Nachstürzen der darüber liegenden Gesteine. Sie sind jedoch von keiner weiteren

Bedeutung und mögen nur der Vollständigkeit halber Erwähnung finden.

Dem ununterbrochenen Kreislauf auf unserer Erde unterliegt auch die feste Materie der Gesteine. In unermessliche Höhen würden sich unsere Gebirge auftürmen, wenn nicht eine zerstörende und ausgleichende Kraft mit ihnen nahezu gleichen Schritt halten würde; es ist dies die *Thätigkeit des Wassers*. Das Wasser bildet bei der Sedimentbildung eine schöpferische Kraft, hier bei der Betrachtung der Gebirgsbildung tritt es uns als zerstörende Kraft entgegen, und zwar in seinem chemischen wie mechanischen Wirken.

Kaum hat das Wasser als Regen den Boden berührt, so beginnt auch schon die Zerstörung und das Bestreben, wieder zum Meere zurückzueilen. Der Weg, den es hierbei einschlägt, ist ein doppelter; der eine Teil fliesst auf der Oberfläche weg und führt dabei alle Hindernisse mit sich, welche sich ihm in den Weg stellen, seine Thätigkeit ist also eine *mechanische*; ein anderer Teil dringt in die Tiefe ein und wirkt dort durch Zersetzung der Gesteine auf *chemischem* Wege. Wir wollen zunächst diesen Prozess etwas eingehender verfolgen.

Durch die Kohlensäure, welche das Wasser beim Durchsickern[1] der Humusdecke[2] aufnimmt, wird es befähigt, in mehr oder minder energischer Weise auf sämtliche Gesteine zersetzend einzuwirken. Einzelne Gesteine, wie Kalk, Dolomit, Gips und Steinsalz werden direkt aufgelöst und als Lösung fortgeführt; diese Mineralien werden später, wenn das Wasser seiner Kohlensäure verlustig geht, wieder als neue Sedimente abgelagert. Andere Mineralien, wie die Silikate und wasserfreien[3] Mineralien, müssen erst in lösliche wasserhaltige[4] Mineralien umgewandelt werden. So wird der Anhydrit in Gips, die meisten Silikate in Thon umgewandelt und dann gelöst; ebenso bewirkt der Sauerstoff im Wasser eine Oxydation, die Kohlensäure eine Umwand-

lung in lösliche kohlensaure Verbindungen oder Karbonate. Es würde zu weit führen, auf diese oft sehr komplizierten Prozesse näher einzugehen, und betrachten wir deshalb sofort die Endresultate, welche zweierlei Erscheinungen zeigen. Einerseits werden die Gesteine der Oberfläche zersetzt und in leicht lösliche umgewandelt, was man als Verwitterung bezeichnet. Die vielen Sprünge[1] und Risse[2] des Bodens bilden natürlich die Angriffspunkte, und so sehen wir von diesen die Verwitterung ausgehen und um sich greifen.[3] Andererseits werden die einsickernden[4] Wasser von gelösten Mineralsalzen geschwängert und können nun als Mineralquellen wieder zu Tage treten und erfolgt dann die Neuablagerung an der Oberfläche, oder aber[5] erfolgt diese in den tiefen Spalten der Gesteine und führt dort zu Bildungen von Mineralgängen in der Tiefe. In diesen finden wir die in den Nebengesteinen mikroskopisch fein enthaltenen Erze[6] in grösseren Mengen zusammengetragen, so dass sich ein Bergbau auf dieselben lohnt. Stösst das eingesickerte Wasser in der Tiefe auf leicht lösliche Gesteine, so wäscht es diese aus und es entstehen unterirdische Hohlräume oder Höhlen. Häufig werden diese so gross, dass sie wieder in sich selbst zusammenstürzen und so zu den schon erwähnten Einsturzbeben führen.[7]

Bei der vielgestalteten Zusammensetzung der Erdkruste stösst das Wasser in der Tiefe häufig auf Schichten, welche

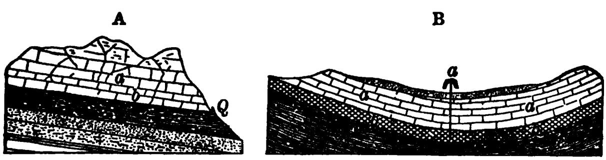


Fig. 6. — Quellbildungen.

A, Quelle durch schiefe Stellung der Schichten hervorgerufen. B, Artesischer Brunnen: *a*, wasserdurchlässige, *b*, wasserführende, *c*, undurchlässige Schichte. *Q*, Quelle.

es weniger leicht durchsickern lassen, als andere, und es sieht sich dann gezwungen, auf dieser Schichte hinzufliessen. Streicht[1] die undurchlässige Schicht[2] an der Oberfläche aus,[1] so dringt auch das Wasser auf einem Spalt heraus und es entsteht eine Quelle.

Wir können auch Quellen erbohren, indem wir den Spalt künstlich schaffen, in welchen dann das Wasser nach dem Prinzip kommunizierender Röhren emporsteigt. Hierauf beruht auch die Erscheinung der artesischen Brunnen[3] (siehe Figur B).

Die mechanische Thätigkeit des Wassers sowohl in seiner flüssigen wie in seiner festen Form als Eis besteht in einem Hinwegräumen aller lockeren Hindernisse, welche sich seinem Laufe in den Weg stellen, und man bezeichnet diese Thätigkeit als Erosion.[4] Auch hier dienen wieder als Angriffspunkte zuerst die zahllosen Sprünge und Risse des Gesteines, welche immer wieder vergrössert und erneut werden, so dass dadurch eine fortwährende Lockerung der Gesteine bewirkt wird. Wir haben gesehen, dass auch ganze Schichtenkomplexe von mächtigen Sprüngen und Verwerfungen[5] durchsetzt[6] sind, und es ist natürlich, dass diese dem Wasser willkommene Angriffspunkte bieten. Die ursprünglichen Spalten werden erweitert und ausgewaschen und in breite Thäler umgewandelt; man bezeichnet sie demnach als Spaltenthäler, wenn sie in der Tektonik[7] des Gebirges vorbedungen[8] sind. Stösst aber ein Bach in seinem Laufe auf eine hindernde Bergkette, welche er nicht umgehen kann, so staut[9] er sich anfangs zum See auf,[9] bis es ihm gelungen ist, sich so tief einzunagen,[10] dass er sich freie Bahn geschaffen hat. Derartige Thäler, welche sich das Wasser ausgenagt[10] hat, ohne sich um ursprüngliche Spalten zu kümmern, nennt man Erosionsthäler.

Von den grossartigen Veränderungen, welche durch die Thätigkeit des Wassers bewirkt werden, können wir uns

kaum eine Vorstellung machen. Alle Bergformen, sowohl die schroffen Gipfel der Kalkgebirge, wie die rundlichen Höhen der Granite, ebenso wie die Schluchten, Thäler und Ebenen, sind durch das Wasser geformt und gebildet. Gebirge, deren Höhe unseren höchsten Gebirgen gleichkam, sind bis zur flachen Hügellandschaft, ja bis zur Ebene abgetragen,[1] und nur die gefalteten und aufgerichteten Schichten zeugen[2] noch von den früheren Störungen, welche dort stattgefunden haben.

III.

Historische Geologie oder Formationslehre.

Während wir uns in den vorangehenden Abschnitten einen Überblick zu verschaffen gesucht haben über das Material, das die Erdkruste zusammensetzt und die Kräfte, welche dabei thätig waren, stellt[3] sich die historische Geologie die *Untersuchung der einzelnen Schichten oder Formationen* und, mit Hilfe der darin enthaltenen Überreste, die *Entwickelung der irdischen Bewohner* als Aufgabe.[3]

Die vielen Glieder der Sedimentärformationen stellen[4] nur eine ununterbrochene Umwandlung und Neuablagerung des ursprünglich schon vorhandenen Materials mit Hilfe des Wassers dar.[4] Um so grösser ist aber der zeitliche Unterschied dieser Ablagerungen, welche, wie heute, auch früher nur sehr langsam vor sich ging. Es ist nicht nötig, ja es ist überhaupt unmöglich, dass überall auf der Erde die Schichten gleichmässig auf einander lagern oder gleichmässig ausgebildet sind, denn die Ablagerung auf der einen Seite ging ja immer mit einer Zerstörung auf der anderen Seite vor sich. Im grossen ganzen[5] finden wir die mächtigsten Schichten durch das Meer abgelagert, während auf dem damaligen Festlande keine oder nur geringe Ablagerungen vor sich gingen, ja im Gegenteil von diesem Lande

ununterbrochen abgewaschen und weggeschwemmt wurde. Es können also in einer gewissen Erdperiode nur dort Schichten sich finden, wo sich Meer befand, während an anderen Punkten, dem damaligen Festlande, keine oder nur wenig gleichalterige Gesteine sich finden. Ebenso können früher abgelagerte, mächtige Schichtenkomplexe in späterer Zeit wieder vollständig oder bis auf wenige Überreste abgewaschen werden und verloren gehen. Dass wir trotzdem fast überall Meeresablagerungen finden, ist auf die schon besprochenen Hebungen und Senkungen der Kontinente zurückzuführen.[1]

Es können aber auch die gleichalterigen Ablagerungen unter sich wieder sehr verschiedenartig ausgebildet sein. In den Meeren lagerten sich an den tiefen Stellen nur Kalk und feiner Schlamm ab, in welchem die Tierwelt der Tiefsee sich findet; die steilen Küsten[2] und Riffe belebten Korallen und auf dem Grund festgewachsene Tiere; in den Strömungen der Meere wurde mehr Sand und Schlamm geführt, während am Strande grober Kies und Gerölle den Untergrund bilden können. Gleichzeitig mit den m a r i n e n Ablagerungen können aber auch auf dem Festlande sog. t e r r e s t r i s c h e Bildungen vor sich gehen; sumpfige Urwälder[3] werden uns als Kohlenablagerung wieder entgegentreten, die Ströme werfen Schotter[4] auf, in den Binnenseen[5] lagert sich Schlamm mit den Bewohnern des süssen[6] Wassers ab. Kurz, so mannigfach die Bildungen auf der Erde heute noch sind, so mannigfach haben wir sie uns auch in früheren Erdperioden vorzustellen. Man bezeichnet diese[7] sowohl in ihrem Gesteinscharakter wie in den erhaltenen Überresten sich kundgebende Verschiedenheit[7] einer gleichalterigen Formation als F a c i e s[8] und spricht demnach von mariner, Tiefsee-, littoraler, terrestrischer etc. Facies.

Durch sorgfältiges Vergleichen der verschiedenen Facies-Ausbildungen und ihrer Übergänge sucht nun der Geologe

sämtliche gleichalterige Ablagerungen zusammenzustellen und bezeichnet sie als eine *Formation*. Die Formation umfasst also eine Reihe von Schichten, welche unter sich sehr verschiedenartig ausgebildet sein können, aber doch ein gleiches Alter besitzen; sie ist damit zugleich ein zeitlicher Begriff und fällt zusammen mit einem gewissen Stadium der Entwickelung der Erde und ihrer Bewohner, einer sog. *geologischen Erdperiode*.

Um nun das *Alter einer* zu untersuchenden[1] *Schichte zu bestimmen*, wird zuerst die Stellung derselben im ganzen Gebirgssystem erforscht. Man untersucht, ob die fragliche Schichte nicht von anderen[2] uns bekannten Schichten[2] überlagert oder unterlagert wird, dann wird der Gesteinscharakter in Betracht gezogen, vor allem aber ist zu untersuchen,[3] welche Versteinerungen uns darin erhalten sind, denn nur nach ihnen lässt sich mit Sicherheit das Alter bestimmen. Demnach fällt auch die Hauptaufgabe der historischen Geologie auf das *Studium der Versteinerungen*, ihres geologischen Auftretens und ihrer Entwickelung, ein Studium, das als selbständige Wissenschaft — *Paläontologie*[4] — die Vermittelung von Geologie und Zoologie bildet.

Wir kennen die Uranfänge[5] des organischen Lebens nicht, denn dieselben fallen in eine Erdperiode, aus welcher uns keine erkennbaren Spuren mehr erhalten sind. In den ältesten Schichten aber, aus denen uns Versteinerungen bekannt sind, treten uns schon verhältnismässig hoch entwickelte Tiere entgegen; verfolgen wir die geologischen Perioden weiter, so sehen wir in grossen Zügen eine stete, langsame Weiterentwickelung der gesamten Pflanzen- und Tierwelt und eine Annäherung der ursprünglich niedrigen Flora[6] und Fauna[7] an die höchst entwickelte der Jetztzeit. Dies gilt[8] aber nur von dem Bild im grossen ganzen, in einzelnen Geschlechtern fällt die höchste Formenentwickelung

in längst vergangene Erdperioden; sie sterben wieder aus oder verkümmern,[1] um einem anderen höher entwickelten Geschlechte Platz zu machen.

Um nun eine klare Übersicht zu bekommen, denkt man sich alle uns bekannten Schichten übereinander gelegt und gliedert[2] sie in grössere Gruppen, welche den Eintritt einer neuen Epoche in der Entwickelung der Pflanzen- und Tierwelt bezeichnen. Diese Gruppen oder Zeitalter zerlegt man sodann wieder in Formationen, die eine[3] in sich mehr oder minder abgeschlossene Periode[3] der Erdgeschichte darstellen und gleichfalls durch durchgreifende Merkmale der Pflanzen- und Tierwelt charakterisiert sind. Auch die Formationen werden wieder in Stufen oder Glieder zerlegt, eine Einteilung, welche sich durch das Auftreten bestimmter Arten oder Leitfossile rechtfertigen lässt. Gerade diese Leitfossile, welche in kurzen bestimmten Perioden über grosse Strecken verbreitet vorkommen und sich daher auf eine einzige Schichte beschränken, geben ein Mittel in die Hand, das Alter der einzelnen Stufen sicher zu erkennen und diese selbst noch eingehender[4] in Horizonte[5] zu gliedern.

Bei der nun folgenden kurzen Zusammenstellung der Formationen muss ich mich natürlich darauf beschränken, ein möglichst gedrängtes Bild der Formation im ganzen zu geben, ohne dabei auf Einzelheiten oder auf Leitfossile für bestimmte Horizonte eingehen zu können.[6]

Erstes Zeitalter der Erde oder die archäischen[7] Formationen.

So tief auch[8] unsere Blicke eindringen in die Erdkruste durch die gewaltigen Aufbrüche und Aufrisse der Erde selbst, durch Erosionsthäler und tiefe Bergwerke, so können wir doch noch nicht die älteste Formation feststellen, welche gebildet sein muss durch die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde. Was wir kennen, sind alles schon durch

das Wasser bewegte und neu abgelagerte Massen. Wir müssen aber annehmen, dass die erste Erstarrungsmasse alle die Substanzen enthalten hat, welche wir später wieder verarbeitet finden, und dürfen ferner annehmen, dass sie sich am nächsten in ihrer Zusammensetzung an die ältesten uns bekannten Gneise[1] anschliessen wird. Es ist nicht wohl anzunehmen, dass uns diese Urformation[2] irgendwo auf der Erdoberfläche zu Gesicht kommt, da alle Punkte der Erde im Laufe der geologischen Zeiten schon zu[3] vielfachen Umwälzungen und Umänderungen unterlegen sind.

Die ältesten Formationen, welche unserer Beobachtung zugänglich sind, weichen[4] von den späteren insofern ganz bedeutend ab,[4] als sie krystallinischer Natur sind, also nicht einfache, sondern gemengte Gesteine darstellen. Man bezeichnet sie daher auch als *krystallinische Schiefergesteine*.[5]

Das älteste Glied ist die *Gneisformation*, welche in der enormen Mächtigkeit bis zu 30,000 Meter unter allen bekannten Formationen liegt. Im allgemeinen bewahrt sie einen monotonen Charakter; dünnflaserige,[6] schuppige[7] oder feinschieferige Varietäten wechsellagern[8] mit grobkörnigen oder dichten, scheinbar ungeschichteten Massen. In dem mächtigsten, genau studierten Gneiskomplexe des bayrischen Waldes[9] überwiegt in den unteren Zonen die graue, in den oberen die rötliche Färbung. Nach oben stellen[10] sich häufig hornblendereiche[11] Varietäten ein[10] (*Amphibolschiefer*), bald mehrt sich der Granat (*Eklogit*) und tritt an Stelle des Glimmers (*Granulit*). Schliesslich nimmt[12] der Gehalt an Feldspat ab,[12] wogegen der Glimmer sich mehrt und in allmählichem Übergang kommen wir zur zweiten Gruppe, der *Glimmerschiefer-Formation*.[13] Auch in dieser wären wiederum eine grosse Reihe von Varietäten zu verzeichnen, je nachdem der eine oder andere Bestandteil vorwiegend wird.

Das jüngste Glied der archäischen Schiefer, die **Phyllit-Formation**,[1] trägt zwar in den unteren Lagen noch ganz den Charakter der krystallinischen Schiefer und steht dem Glimmerschiefer sehr nahe, in den höheren Horizonten jedoch stellen sich immer mehr thonige[2] Beimengungen ein, so dass diese Gesteine oft kaum mehr nach ihrem Gesteinscharakter von den darauf folgenden jüngeren Thonschichten zu trennen sind. Man bezeichnet daher die Phyllite auch als **Urthonschiefer**[3] oder **Uebergangsgebirge**.

Vergebens schauen[4] wir uns in den krystallinischen Schiefern nach den Überresten lebender Wesen um[4]; wohl hat

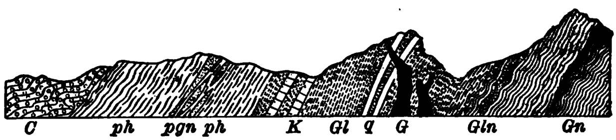


FIG. 7.—Die krystallinischen Schiefer im bayrischen Wald.

Gn Gneis. Syenit[5] lagert im Gneis. *Gln* Übergang zum Glimmerschiefer (Hornblendeschiefer). *Gl* Glimmerschiefer mit Granitgängen (*G*), Quarzitschiefer. *K* Körniger Kalk. *ph* Phyllit, zum Teil als Phyllitgneis (*pgn*) entwickelt. *C* Cambrium.[6]

man in den eigentümlichen Serpentin-[7] und Kalkgemengen aus der Gneisformation die Überreste eines grossen Urschleimtieres[8] zu erkennen geglaubt und es **Eozoon**[9] genannt, und in den Phylliten Skandinaviens die Andeutungen organischer Reste gefunden, aber dennoch bleibt uns die ganze Fauna dieser Urzeit[10] verborgen. Und doch muss diese Fauna eine überaus reiche und entwickelungsfähige gewesen sein und hatte sich auch bis zum Eintritt der nächsten Periode schon verhältnismässig weit entwickelt. Es ist also vollständig unberechtigt, diese Urzeit als azoisch[11] (ohne lebendes Wesen) zu bezeichnen, sondern sie enthält im Gegenteil den Urkeim alles organischen Lebens.

IV.

Erdbeben.[1]

Wir sind gewöhnt,[2] ausser den konzentrierten Sonnenstrahlen, dem elektrischen Strome und manchem anderen, die Holzsubstanz und deren Produkte, nämlich: Kohle, flüchtige[3] Öle, Gase etc. als die wichtigsten Substanzen zur Erzeugung grosser und intensiver Wärme zu betrachten.

Wir bemessen den Wärmeeffekt nach der Menge[4] in Dampf verwandelten Wassers und wissen die Expansion des Dampfes sowohl[5] zu fürchten, als mehr[6] noch zu schätzen und zwar als eine der eminentesten Kräfte, deren wir uns zu mannigfachen Arbeitsleistungen mit Vorteil bedienen.

Aber es gibt noch eine andere Kraft, die[7] Wärme erzeugt, die gleichsam[8] selbst das Wasser in Feuer verwandelt und es befähigt, alles in feurigen Fluss zu bringen, was[9] wir nur kennen, eine Kraft, die mit der[10] durch sie hervorgerufenen Gegenkraft, der Dampfexpansion,[10] von Ewigkeit her gewirkt hat, bis in Ewigkeit hin wirken wird und Wirkungen hervorrufen kann, so schrecklicher, schauerlicher und doch wieder so grossartiger und erhabener Art,[11] dass sie jeder Beschreibung spotten, diese Kraft heisst — Druck.

Werfen[12] wir nur einen flüchtigen Blick in die Geschichte der Erde. Milliarden[13] von Jahren hatte die Erde bereits ihren Kreislauf um die Sonne vollzogen, bevor sie befähigt wurde, Pflanzen zu tragen, sie war vorher — wüste und leer! — Jahrtausende brauchte die Pflanzenwelt zur Entwickelung und mehr noch zum zeitweiligen Untergang, bezw.[14] zur Aufspeicherung in Kohlenlagern; unermessliche Zeiträume vergingen, ehe der Mensch auf Erden erschien, Jahrtausende brauchte er zu seiner Heranbildung, um die Kohlenschätze würdigen zu lernen, erst vor einer Spanne Zeit entdeckte er die in der Dampfexpansion schlummernde Kraft, während

jeder Berg und Thal sowie das Verhältnis von Land und Meer uns die Wirkungen des Drucks aus früherer Zeit zeigen und Hebung und Senkung des Bodens, Erdbeben und Vulkane uns noch tagtäglich die Wechselwirkung von Druck und Expansion vor Augen führen. Wie wir es in der Gewalt haben, mit einem[1] durch Dampf bewegten Werkzeug[1] — dem Dampfhammer — in Gemütlichkeit Nüsse zu knacken, andererseits aber Schläge auszuüben, dass weithin die Erde erdröhnt, so können Erdbeben und Vulkane auch oft nur kaum beachtenswerte Erscheinungen bieten oder auch Ereignisse, denen nichts auf Erden verglichen werden kann, Ereignisse, denen die Erdoberfläche selbst grossenteils ihr Gepräge verdankt, Ereignisse, welche die Konfiguration der Erdoberfläche stellenweise wesentlich verändern, Ereignisse, welche den Meeresboden über den Meeresspiegel befördern, umgekehrt Festland unter denselben versenken können, Ereignisse, deren ursprünglicher Sitz im Schosse der Erde sich befindet und von da aus zur Oberfläche wirkt.

Diesen Ereignissen gegenüber[2] ist die Erdkruste nichts weniger als die vermeintliche starre, unbewegliche Erdfeste. Wenn sie nur durch[3] von unten herauf erlittene Stösse[3] zittert, schwankt oder wie eine elastische Decke in fortlaufenden Wellen sich hebt und senkt, haben wir die Erscheinung — der *Erdbeben*; wenn sie berstet und aus dem[3] in die Tiefe hinabreichenden Kanale[3] Stoffe[4] der verschiedensten Art ausgeschleudert werden, — die *vulkanischen Erscheinungen*; wenn sie Widerstand genug leistet, dass keines der beiden Ereignisse eintreten kann, aber doch nicht Widerstand genug gegen kontinuierlich wirkende Ursachen, — die *allmählichen Hebungen und Senkungen*.

Was zunächst die Erdbeben betrifft, so ist, abgesehen[5] von einem leichten Erzittern, die Bodenbewegung entweder — *succussorisch*,[6] — wobei der Boden plötzlich in die

Höhe springt und Teile desselben, Häuser, Menschen etc. hoch empor geschnellt werden; oder von dem direkt getroffenen Punkte pflanzt[1] sich die Bewegung in Wellen fort[1] — undulatorisch,[2] — so dass Mauern in der Richtung der Wellen bersten, in der Querrichtung stehende[3] umgeworfen werden; oder zwei solcher,[4] von verschiedenen Stosspunkten ausgehenden Wellenbewegungen[4] kreuzen sich[5] — rotatorisch,[6] — so dass Hausgeräte eines Hauses unter den Trümmern des Nachbarhauses begraben gefunden, Säulen- und Obeliskenstücke gegen einander verdreht wurden. Nach dem furchtbaren Erdbeben von Calabrien im Februar und März 1783 war die Stadt Oppido[7] so durcheinander geschüttelt, dass man den Stadtplan[8] nicht mehr erkannte.

Die Geschwindigkeit, mit der sich eine Bodenerschütterung fortpflanzt, hängt von der Zusammensetzung des Bodens ab (in festem Fels schneller aber weniger gefährlich als in losem Boden) und beträgt im Mittel[9] 3 bis 5 Meilen per Minute. Die Fortpflanzung findet[10] entweder in einer (oder in parallelen) Linien statt[10] — lineare[11] Erschütterungen, — dem Laufe grosser Gebirgsketten folgend, so das Erdbeben, welches am 20. November 1822 die Küste von Chili[12] auf mehr als tausend Meilen Länge traf; oder konzentrisch um den Stosspunkt — zentrale Erschütterungen. — Unter letzteren wurde das Erdbeben von Neuseeland[13] am 23. Januar 1855 über einen Flächenraum von 92,570 deutschen oder etwa 2,005,683 englischen Q.-M.,[14] das von Lissabon[15] am 1. November 1755 sogar über einen Raum von beinahe 180,000 deutschen oder ungefähr 3,900,000 englischen Q.-M., d. h. etwa ein Zwölftel der Erdoberfläche gespürt.[16]

(In Deutschland rechnete man bis 1872 im allgemeinen nach deutschen oder geographischen Meilen, zum Unterschied von der englischen geographischen Seemeile auch

genauer deutsche geographische Meile genannt, deren 15 auf einen Grad des Äquators gehen und welche in den Angaben des gemeinen Lebens noch sehr gewöhnlich sind. Nach den sorgfältigsten neueren Messungen und Berechnungen wird die Länge derselben zu 7420.44 m[1] oder 7.42044 km[2] angenommen, daher eine deutsche geographische Quadratmeile = 55.0629 qkm.[3] Als Wegemass ist jetzt offiziell in Deutschland wie in Frankreich nur das Kilometer gebräuchlich. Die englische Meile hat 5280 englische Fuss = 1609.3295 m oder 1.6093295 km.)

Wie das Land, so wird oft auch das Meer von der Erderschütterung betroffen und zwar beginnt die Bewegung gewöhnlich mit einem Rückzuge des Meeres, dem bald ein Vorschreiten mit hochgebäumter[4] Welle folgt, welche am 1. November 1755 bei Lissabon 20 m hoch über das Land stürzte und die schrecklichsten Verheerungen anrichtete. Auch Landseen, wie z. B.[5] am Salzunger,[6] Wenern See etc. beobachtet, steigen und fallen plötzlich, Flüsse und Quellen stocken oder fliessen reichlicher. Bei sog.[7] Seebeben fühlt bei ruhig bleibendem Meeresspiegel z. B. ein Schiff einen Stoss von unten, dass die Masten krachen und erst die Küste erhält den Wellenschlag nach entsprechender Zeit.

Mitunter geht[8] dem eigentlichen Erdbeben ein unterirdisches Getöse oder Erzittern voraus,[8] doch kann dies nicht immer als Vorbote gelten; wir sehen im Gegenteile, dass die verheerendsten Erdbeben plötzlich auftraten und nur von kurzer Dauer waren. Das Erdbeben von Lissabon bestand aus drei[9] innerhalb 5 Minuten erfolgenden Stössen,[9] die Stadt war ein Trümmerhaufen, ein Teil derselben versank in das Meer; am 26. März 1812 wurde durch den ersten Stoss in 5 Sekunden Caracas[10] vernichtet. Als Nachwirkung[11] kommt dagegen oft noch monatelanges Erzittern vor, ja jahrelang kam schon eine Gegend nicht

wieder in Ruhe (Cumana[1] 1766 auf 14 Monate, Calabrien[2] 1783–88 sogar auf 5 Jahre).

Die Erdbeben sind eine so allgemeine Erscheinung, dass man deren im Mittel zwei auf jeden Tag rechnen kann, dabei ist die Verteilung eine sehr ungleiche. Auf der nördlichen Erdhälfte liegt die grösste Verbreitung in einem Erdgürtel[3] zwischen 36 und 38° N. Br.,[4] auf der südlichen ist besonders Südamerika durch die erstaunliche Menge und Heftigkeit der Erdbeben erschreckenerregend berühmt. Die Stadt Lima[5] allein ward seit ihrer Gründung 1586, 1687, 1697, 1699, 1716, 1725, 1732, 1734, 1745 von Erdbeben heimgesucht und 1746 fast gänzlich zerstört.

Es giebt eine Menge von Naturerscheinungen, welche mit Erdbeben in direktem Zusammenhange stehen, andere, welche gleichzeitig beobachtet,[6] aber[7] noch genauerer Erforschung über den mutmasslichen[8] Zusammenhang bedürfen. Zu den ersteren gehören die unterirdischen Getöse, die bald enormen Explosionen, bald rollendem Donner, bald rasselnden Ketten u. dgl.[9] verglichen werden, das Ausströmen von Gasen aus Erdspalten unter Verbreitung von Schwefelgeruch, das plötzliche Hervorbrechen von Quellen oft von hoher Temperatur oder gar mit Dampfentwickelung, das Ausschleudern von Gesteinstrümmern; zu den letzteren das Aufblitzen[10] von Feuererscheinungen, die Erscheinung von Nordlichtern, Verbreitung starker Nebel, plötzlich hereinbrechende Gewitter mit heftigen Regengüssen oder grosse Dürre u. dgl.

Ob die Häufigkeit der Erdbeben mit Jahres- und Tageszeiten, mit der Menge der Sonnenflecken, der gegenseitigen Stellung der Erde gegen Sonne und Mond in Zusammenhang steht, bedarf noch weiterer Ermittelungen.

Abgesehen[11] davon, dass Erdbeben zu den zerstörendsten Ereignissen gehören, denen der Mensch rat- und hülflos gegenübersteht, dass im Augenblick Städte in Schutthaufen

verwandelt, Tausende von Menschen getötet werden, sehen wir als bleibende Wirkungen von weittragender[1] geologischer Bedeutung, das Zerreissen der Erde, die Bildung meilenlanger klaffender Spalten, lokale bald abwechselnde, bald dauernd bleibende[2] Hebungen und Senkungen des Bodens, Einstürze von Bergen, Abdämmen[3] von Flüssen und Bildung von Seen, vor allem aber die,[4] wenn auch nur sehr allmählich, dafür aber kontinuierlich erfolgenden kontinentalen Hebungen oder Senkungen.

Um,[5] wenn auch annähernd,[6] den Punkt in der Erde zu ergründen, von wo aus ein Erdbeben seinen Ursprung nahm, ist man erst in der neueren Zeit mit allen[7] zu Gebote stehenden Hülfsmitteln[7] vorgegangen. Mit Hülfe verschieden[8] konstruierter Instrumente — der Seismographen[9] — lässt sich[10] die Richtung der Erschütterung bestimmen,[10] durch Vergleichung der Zeit der zuerst betroffene Punkt an der Erdoberfläche, durch Rechnung endlich der Centralpunkt in der Tiefe, die Intensität und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

So hatte das letzte mitteldeutsche Erdbeben, welches auch unsere Gegend traf und wohl noch in aller Gedächtnis schwebt, vom 6. März 1872 sich über einen Raum von 800 deutschen Q.-M. oder über 17,300 englischen Q.-M. verbreitet, mit dem Oberflächenmittelpunkt[11] (Epicentrum) bei Amt[12] Gehren in Thüringen, mit dem ersten Stoss um[13] 3 U. 56′ 9″ p. M. Berliner Zeit; es hatte eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 6 Meilen p. M.[14] oder 742 m pro Sekunde und das Centrum lag in 2.42 Meilen = beinahe 18,000 Meter Tiefe. Für andere Erdbeben ergeben sich auch andere Zahlen und wir dürfen vermuten, dass für die so weit verbreiteten Erdbeben auch der Herd[15] des Anstosses in sehr grosser Tiefe zu suchen ist, während die Zerstörungen an der Erdoberfläche hiermit in keinem Verhältnisse stehen. Diese sind vielmehr bei Erdbeben oft am bedeutendsten,

die in unmittelbarem Zusammenhange mit vulkanischen Erscheinungen stehen und auf kleinen Flächenraum beschränkt sind, also geradezu geeignet den Glauben zu vernichten, die Vulkane als Sicherheitsventile ansehen zu wollen.

Wir haben in den Erdbeben und ihren Wirkungen eine der Kraftäusserungen kennen gelernt, welche von unten herauf einen fortdauernden Einfluss auf die Gestalt der Erdoberfläche ausübt. Unsere Litteratur weist[1] bereits von Tausenden die detailliertesten Einzelheiten, die schauerlichsten und schreckhaftesten Vernichtungsscenen nach,[1] allein wenn wir die Hauptergebnisse, die geologischen Wirkungen, ins Auge fassen, müssen wir bekennen, dass seit historischer Zeit die Erdbeben nur lokale Erscheinungen und ihre Wirkungen nur winzige sind. Wenn jetzt wirklich einige hundert Quadratmeilen Festland um einige Meter gehoben, andere gesenkt werden, welch winziger Bruchteil ist dieses gegen[2] die Hebungen aus früherer Zeit?

Das Studium von der Zusammensetzung der Erdrinde führt uns dahin, als letzten Ausgangspunkt die Erde als Kugel von steifbreiartiger[3] Masse zu denken. Die Beweglichkeit der Teilchen dieser Masse gestattete, den Rotationsgesetzen folgend, die Gestaltung zu dem bekannten Sphäroid[4] mit $\frac{1}{299}$ Polabplattung. Auf die erste Gesteinsschale lagerte[5] gleichmässig die ungleich weit schwerere Atmosphäre als heutigen Tages das seither in Dampfgestalt vorhandene, an Kohlensäure und einer Menge anderer Substanzen überreiche Wasser ab,[5] doch nicht als ruhiges Meer, sondern als zischendes, brodelndes,[6] gewuchtig[7] zerstörendes Element. Der[8] von Ewigkeit her gegen den Erdmittelpunkt gleich wirkende Druck[8] brachte[9] Zusammenziehungen, Faltungen in der Erdrinde, allmähliche Verstärkungen von innen; die krystallinische Umbildung[10] Aufquellungen, kurz[11] Unebenheiten hervor.[9] Die Ver-

tiefungen[1] füllte das Wasser, die Erhöhungen barsten und das gepresste glutflüssige Innere brach empor, neues[2] Material zur Zerstörung für das Wasser bietend.[2] Was das Wasser einmal abgerungen[3] und mehr oder weniger zermalmt hatte, wurde von demselben wieder in Schichten abgelagert. Der ursprüngliche Meeresboden musste sich immer tiefer[4] senken, denn wir finden Tausende von Metern stark[5] Schichtsysteme von Trümmermaterial[6] aufgespeichert.

Nachdem die Temperatur es zuliess, entstanden Pflanzen auf dem Festlande und im Wasser und nachdem diese üppig wuchernd[7] der Atmosphäre[8] die Kohlensäure bis auf ein Minimum entzogen hatten, erst Thiere. Aber der Meeresgrund blieb nicht Meeresgrund, das Festland nicht Festland, ersterer wurde zu Festland; die abgelagerten Gesteinsschichten hoch aufgebäumt,[9] gefaltet wie Papierlagen, zerborsten und zerrissen mit klaffenden Spalten, Höhlen u. dgl.; letzteres wurde zu Meeresgrund. Dieser Wechsel wiederholte sich vielfach, während immer wieder aufs neue neue Gesteinsmassen durch die Spalten empordrangen, die trocken gelegten Schichtmassen vom Wasser zerstört und zu Ablagerungen im Meeresgrunde vereinigt wurden. Jede solcher Änderungen änderte den Gleichgewichtszustand[10] im Meere, veränderte die Meeresströmungen, beeinflusste die Wechselwirkung zwischen Erde und Atmosphäre, die klimatischen Verhältnisse, die Lebensbedingungen der organischen Schöpfung. Die Pflanzen sind[11] uns in den Kohlenlagern, die Reste von Thieren, teils selbst, teils in Gesteinsabdrücken in den Gesteinschichten erhalten[11] und wir können aus ihnen, wie aus den Blättern eines Buches, die Geschichte der Erde, die successive fortschreitende höhere Organisation der Geschöpfe herauslesen.

Derartige Wechsel, anfangs über die ganze Erde verbreitet, wurden mehr und mehr lokal; die klimatischen

Verhältnisse änderten sich dabei so unmerklich, dass zur Zeit unserer, relativ[1] sehr jungen Braunkohlenbildung[2] noch tropisches Klima in unseren Gegenden herrschte, wie z. B. die Pflanzen und die massenhaft[3] eingelagerten[4] Insekten mit unvollkommener Verwandlung bei Sieblos[5] in der heutigen, so rauhen Rhön[6] und an anderen Orten beweisen.

Wie die Erde heute aussieht, so finden wir Gesteine, die einstmals Tausende von Quadratmeilen Meeresgrund bildeten, jetzt viele Tausend Meter über der Meeresfläche zu Gebirgen aufgebaut, und wenn wir von den Spitzen der höchsten Berge bis zum tiefsten Grunde des Meeres rechnen,[7] Differenzen von mehr als 40 Meilen. Diese enorme Ungleichheit ist vorwiegend die Wirkung des Drucks; allein wir haben durchaus keinen Grund anzunehmen, dass diese Kraft ehedem, wenn man sagen darf,[8] im Jugendzustand der Erde, energischer gewirkt habe; die Länge der Zeit, das kontinuierliche Andauern einer Einwirkung brachte diese enormen Resultate zu Stande. Ob die eigentlichen Erdbebenphänomene ehedem ebenso lokaler Natur waren, wie in historischer Zeit, bleibt[9] dahin gestellt; um so sicherer wissen wir, dass Hebungen und Senkungen über die ganze Erde von jeher verbreitet waren und noch verbreitet sind. So sicher[10] wie wir[11] aus der Artengleichheit[12] und dem gleichen Artenreichtum von Pflanzen und Tieren, die nur ein zusammenhängendes Festland bevölkern können, schliessen,[11] dass jetzt abgetrennte Inseln ehedem mit dem nahen Festlande verbunden waren, so sicher[13] langsam vorschreitende Hebungen oder Senkungen vorliegen, so[14] dürfen wir auch schliessen, dass der Erdoberfläche[15] in unmessbaren Zeiträumen noch manche Umgestaltung bevorsteht.

V.

Die Vulkane.

Ähnliche Kraftäusserungen aus der Tiefe gegen die Erdoberfläche erblicken wir nun auch in einer anderen Erscheinung, welche an Grossartigkeit ihrer Wirkungen den Erdbeben nicht nachsteht, an Glanz und Pracht dieselben aber weit überbietet. Diese Erscheinungen sind — die Vulkane.

In den verschiedensten Teilen der Erdoberfläche, auf dem Grunde des Meeres, auf Inseln in der Nähe der

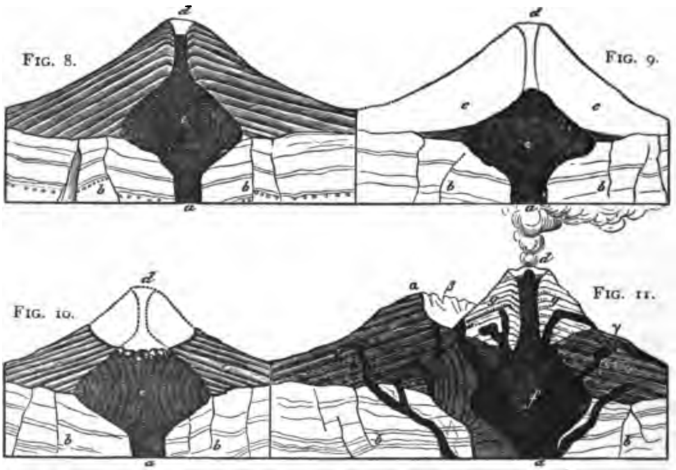


Fig. 8. — Erloschener einfacher Vulkan. *a*, Eruptionskanal im Grundgebirge *b*; *c*, Aufschüttungskegel aus Asche, Lapilli, Schlacken etc.; *d*, Krater; *e*, erstarrte Lava.

Fig. 9. — Domvulkan (durch punktierte Linien ist die ehemalige, jetzt entführte lose Aufschüttungsmasse angedeutet).

Fig. 10. — Einsturzkrater. Der Vesuv vor dem Jahr 79. (Somma- und zum Teil, Ringwallbildung.)

Fig. 11. — Thätiger Vulkan. Der Vesuv in seiner jetzigen Gestalt. *c*, *e*, Reste von früher; *g*, jetziger Eruptionskegel mit dem Lavenkern *f*; *a*, Somma; *β* Atrio del Cavallo; *γ*, le Piane.

Küsten, selbst im ewigen Eise das den Südpol umgiebt, ausnahmsweise auch weit im Innern der Kontinente (Po-schan[1] im Thianschangebirge Centralasiens) giebt es offene Verbindungswege zwischen dem Erdschosse[2] und der Oberfläche, durch welche von Zeit zu Zeit glühende und geschmolzene Gesteinsmassen, Schlacken[3] und zu Staub zermalmte Glasmassen[4] — Asche —, Dampf, Gase, kochendes Wasser oder Schlammströme hervorbrechen. Da es meistens Berge sind, an deren Gipfeln oder an deren Seitenwänden sich die Kanäle — die Krater — befinden, in deren Inneres die phantasiereichen Griechen die unterirdische Werkstatt ihres Schmiedegottes verlegten, — so hat man sie Vulkane genannt.

Die meisten Vulkane zeichnen[5] sich vor allen übrigen Bergen durch ihre regelmässig kegelförmige[6] oder domartige[7] Gestalt aus,[5] an deren Spitze ursprünglich stets sich der Krater befindet. Diese Form ist ein Resultat der vulkanischen Thätigkeit selbst, weshalb wir dieser vorerst in ihrem normalen Verlaufe folgen wollen.

Ein eigentümliches unterirdisches Getöse, erdbebenartiges, oft wochen- und monatelang andauerndes Erzittern des Bodens verkünden die Katastrophe. Das Getöse kommt unzweifelhaft aus beträchtlicher Tiefe, da es in weitem Umkreise ganz so gehört wird, als[8] fände es in grösster Nähe statt. Anfangs dem Brausen eines fernen Wasserfalls gleichend, dem man näher und näher rückt, scheint es in heftiges Musketen- und Artilleriefeuer überzugehen, abwechselnd mit lange nachhallenden Donnerschlägen oder einem dumpfen Rollen gleich dem Gerassel schwer beladener Wagen oder dem hellen[9] sinnverwirrenden[10] Klirren, wie wenn grosse Massen von Glas zerschlagen würden. Da! plötzlich ein Ruck, die Erde berstet und mit Blitzesschnelle schiesst ein Dampfstrahl zu unglaublicher Höhe empor. Der Dampf bringt[11] fort[12] und fort zu Staub

zersprengtes, vorher glasig glühend gewesenes Gesteinsmaterial — sogenannte Asche, Glastropfen,[1] Rapilli[2] — mit, schiesst[3] raketenartig glühende Steine, grössere teigartige[4] Glasfetzen,[5] die sich in der Luft ballen — Bomben[6] — oder noch weich niederfallen und sich abplatten, hervor.[3] Dieses Material fällt teils in den Schlund zurück, teils häuft es sich in dessen Nähe an und baut[7] in Schichten mit abfallender Neigung den Kegel auf.[7] (Fig. 8.) Je mehr[8] der Berg wächst, um so höher[8] steigt[9] in dessen Krater der hellglänzende Gesteinsschmelzfluss[10] — die Lava — durch die Kraft der elastischen Dämpfe gehoben wie ein wild wogendes Meer auf[9] und ab.[9] Erreicht diese den Kraterrand, so überflutet sie denselben und ergiesst sich zuweilen pfeilschnell, meistens aber nur langsam als majestätischer Feuerstrom über den Abhang, immer an Breite wachsend, zufällige[11] Abstürze in feurigen Cascaden überspringend,[11] an flacheren Abhängen aufgestaut, rasch erkaltend, in Schollen[12] zerberstend, die oft zu[13] Türmen aufeinander geschoben[14] nur langsam sich weiter wälzen, während der frische Nachwuchs[15] die noch glutflüssige Unterlage zu ununterbrochenem Weiterbewegen antreibt.

Sehr oft ereignet es sich aber, dass die Dämpfe die[16] mit ungeheurem Gewichte ihnen entgegenwirkende Lava[16] nicht über den Kraterrand zu heben vermögen, wogegen[17] die Lava sich teils im Grundgebirge,[18] teils im Aufschüttungskegel durch Einschmelzen zwiebelartig[19] ausgebreitet hat und durch ihren Druck die Umhüllung sprengt; dann entstürzt den entstandenen Spalten der zischende und dampfende Lavastrom, mitunter, wenn die Öffnung klein und weit unter dem Spiegel[20] der Lavasäule, einem feurigen Springquell gleich.

Mag[21] der Vulkan Lava ergossen haben oder nicht,[21] die Lava kann bis hoch in den Krater gehoben[22] erstarren, erkalten, die Dämpfe hören auf, der Vulkan ist vorerst

erloschen. In vielen Fällen aber sinkt noch lange vor dem völligen Erstarren die Lava zurück, der Aschenkegel stürzt[1] zum Teil nach[1] und der dadurch erweiterte[2] Krater zeigt das Bild eines bald flacheren, bald tiefern Kesselthals[3] — Einsturzkrater.[4] (Fig. 10.) Die Lavakruste im Grunde des Kraters heisst Kraterboden, auf dem sich nicht selten Wasser zu einem oder mehreren Seen sammelt. Dieses Bild zeigte der unter allen bekannteste Vulkan, der Vesuv, bis zum Jahre 79 n. Chr.[5] Niemand vorher erzählt von einer vulkanischen Thätigkeit,[6] mehrfach diente der Kraterboden als Heerlagerstätte.[7] Doch der Vulkan hatte nur geruht. Mit einem Male erschütterten Erdbeben die Gegend, so häufig aber auch so schwach, dass man sich bald daran gewöhnte; sie hörten sogar ganz auf, da plötzlich im Jahre 63 zerstörte ein furchtbares Erdbeben die blühende Stadt Pompeji in wenigen Augenblicken.[8] Nach dieser heftigen Katastrophe schien die Kraft erschöpft zu sein, Pompeji war aus den Trümmern wieder herrlich erstanden, da begannen um die Mitte des Jahres 79 schwache Erdbeben, bald zu-, bald abnehmend, bis am 24. August unter unaufhörlichem betäubenden Getöse, markerschütternden[9] unterirdischen Detonationen, heftigen Erdstössen und Bodenrüttelungen[10] der Kraterboden gesprengt wurde. Eine ungeheure an 500 m dicke schwarze Rauchsäule schoss über 2000 m hoch empor, breitete sich oben zur ungeheuren Piniengestalt[11] aus und verfinsterte die ganze Umgegend; eine ungeheure Aschenmasse fiel nieder, die Städte Herculanum,[12] Pompeji und Stabiae[13] waren 4 m bis über die höchsten Häuser zugeschüttet, Blitz auf Blitz durchzuckte grellleuchtend das rabenschwarze Dunkel, prasselnd folgte Schlag auf Schlag der Donner, wolkenbruchartig[14] stürzte der Regen nieder, der die Asche in einen verheerenden Schlammstrom verwandelte und Herculanum wie mit Gips ausgoss, das noch von einem späteren Lavastrom überflutet

wurde. Als der Vesuv wieder sichtbar wurde, hatte er eine andere Gestalt! (Fig. 11.) Der nördliche Teil des vorhistorischen Kraterrandes stand noch als wildzackige[1] bogenförmige[2] Felsmauer — die Somma,[3] — der südliche war fortgesprengt und an seiner Stelle erhob sich, die Somma weit überragend, der neue regelmässige Schuttkegel[4] mit dem Krater, beide durch ein Ringthal[5] — das Atrio del Cavallo — getrennt,[6] während nach Süd eine ebene Terrasse, le Piane,[7] den neuen Eruptionskegel mit dem alten Bergabhang gegen das Meer hin[8] verbindet.

Von dieser Zeit ab blieb der Vulcan zwar Jahrhunderte lang in Ruhe, ja so, dass man ihn als erloschen betrachtete; im XVI. Jahrhundert war er sogar mit üppigem Walde bedeckt und nur einige warme Wasserseen im Atrio erinnerten an seinen Charakter. Doch je länger die Ruhe, um so furchtbarer die Wirkung erneuter Thätigkeit; das zeigt die Eruption vom 16. Dec. 1631 nach 500jähriger Ruhe, wo alle Erscheinungen in der grossartigsten Weise auftraten, die ausgeschossenen glühenden, meterdicken Bomben die umliegenden Orte[9] in Brand steckten,[10] Aschenfälle die Häuser erdrückten, Lavaströme sich aus dem Krater und aus Seitenspalten[11] wälzten, die[12] jedes Hindernis überwindend in mehrere, jeder noch über Kilometer breite Arme geteilt in weniger als einer Stunde das ungestüm tobende Meer erreichten,[12] sich noch an 200 m über den Meeresgrund schoben und die schönen Uferstädte Torre del Annunziato,[13] Torre del Greco, Resina und Portici verwüsteten. Was der Wut des Vulkans entgangen war, zerstörten die Schlag[14] auf Schlag zur Erde niederfahrenden Kugelblitze,[14] die neben Zickzackblitzen[15] bei vulkanischen Gewittern ungleich häufiger sind als die[16] die atmosphärischen Gewitter charakterisierenden Flammenblitze.[16]

Unter den neueren Eruptionen sind die vom Mai 1855, wo aus 7 Eruptionskegeln — Bocchen[17] — 27 Tage lang

Lava floss, und vom 16. April bis 3. Mai 1872 die bedeutendsten.[1]

Verschwindend[2] klein und niedrig sah[3] am 26. April der dröhnende[4] 1297 m direct vom Meere aufsteigende Berg unter seiner enormen an 5000 m hohen Rauchwolke aus.[3] Sie gestaltete sich zur wunderbar schönen Doppelpinie:[5] die weissen Dämpfe, die[6] den Laven, besonders an ihren vorschreitenden[7] Rändern, wo sie die Vegetation versengten,[8] entstiegen,[6] breiteten sich hoch über dem Vesuvgipfel in eine weisse Schichtwolke[9] aus. In der Mitte wurde diese von dem dunkeln, senkrecht steigenden Rauch und Dampfstrom der Gipfelkrater[10] durchbrochen, welcher[11] sich erst viel höher, besonders gegen Süden, in schöner Ballenwolke[12] ausbreitete. Die Sonne sank, der Schatten stieg höher an der Dampfsäule[13] empor. Hoch oben strahlte[14] des Berges Wolkenkrone ruhig im vollsten Alpenglühn[15] — erst rotgelb vor[16] dem purpurblauen Himmel, dann in immer tieferem Rot. In Purpurfarbe verglommen[17] die letzten Sonnenstrahlen am Gipfel der immer langsam bewegten, quellenden[18] Dampfsäule. Drunten[19] aber, wie das hellere Sonnenlicht wich, glänzte im kaltbläulichen[20] Schatten um so mehr die Glut, die dem Erdinnern entstammte. Zuerst war sie an den vorschreitenden Rändern der Lava sichtbar geworden, und über dem Gipfelkrater zeigten die Dämpfe von[21] der inneren Glut ausgehende helle, strahlenförmige Beleuchtung,[21] die sich mehr und mehr zur starken geraden Feuersäule entwickelte. Man sah, wie die Lava, alles versengend,[22] vorschritt, die Bäume in Flammen aufschlugen,[23] die Gebäude ausbrannten, man fand nicht festen Fuss vor dem unaufhörlichen Zittern des Bodens, abwechselnd mit einzelnen heftigen Stössen und Schlägen, sekundiert von dem betäubenden Donnergebrüll des Berges, während die Lavaströme in heller Rotglut vom Gipfel bis an den Fuss glänzten. Doch! die Feder ist zu schwach, die Worte sind

zu matt um nur einigermassen ein Bild[1] dieses erhaben majestätischen, entsetzlich schauerlichen, grässlich zerstörenden Schauspiels[1] zu entwerfen und wer wollte es gar wagen das gewaltige Bild der Phantasie[2] vorzuzaubern, das den Seefahrer ergreift, der Monate lang auf der grossen Wasserwüste des stillen Oceans umhergetrieben wurde,[3] des Nachts der Insel Luzon,[4] der schönsten einer,[5] die keiner anderen an Reichtum und Pracht nachsteht, sich nähert und plötzlich der stets thätige Vulkan Ambil,[6] der,[7] ein Leuchtturm in riesigsten Dimensionen, in der Bai von Manila[8] sich erhebt, ihm den Eingang zur Bucht, die Stadt, die sich amphitheatralisch im Hintergrunde ausbreitet, und die ganze Pracht dieser Inselwelt beleuchtet?

Es sind nur wenig Vulkane bekannt, die sich in fortwährender Thätigkeit befinden, dahin gehört der nur 900 m hohe, aber mit 650 m weitem Krater versehene Stromboli[9] auf einer kleinen Insel zwischen Ätna und Vesuv, der 6500 m hohe Cotopaxi[10] in Ecuador etc. Viele haben eine lange Zeit der Ruhe, oft völliger jahrelanger Ruhe, ja sogar Jahrzehnte und Jahrhunderte. Der Epomeo[11] auf Ischia hatte 200 Jahre geruht, als die letzte Eruption im Jahre 1302 stattfand. Bei vielen besteht zwischen Ruhe und Eruption ein Zwischenzustand — der Solfatarenzustand[12] — bei welchem fortwährend aus Spalten und Rissen ebensolche[13] wie die, die Eruption begleitenden heisse Dämpfe ausgestossen werden, die[14] teils mitgebrachte Substanzen als Sublimationen ablagern, teils das durchquellende Gestein metamorphosieren;[15] dahin gehören die berühmte Solfatara bei Puzzuoli[16] in den phlegräischen Feldern, die[17] der Insel Vulcano,[18] ganze Distrikte in Java,[19] auf Neuseeland und viele andere.

Die Dimensionen der Krater sind oft ganz enorme, so hat der[20] vom nur 2656 m hohen Gunong Tengger auf Java eine Weite von 7420 m; der höchste Gipfelkrater des 4145 m

hohen Mauna Loa[1] auf Hawaii ist 4200 m und der Kilauea auf derselben Insel 4500 m weit. Dieser Krater fällt[2] in zwei senkrechten Terrassen ab[2] gegen einen Lavasee, welcher in turmhohen feurigen Wellen aufschlägt und ununterbrochen mächtig qualmt[3]; von dem ein Gebrülle, ein Zischen, Klirren und Knallen ausgeht, das eine erschreckende Höhe erreicht, das schon in Entfernungen gehört wurde, die der[4]. vom Ätna bis Hamburg gleich kommen, gegen welches das Getöse aller Dampfmaschinen der Welt, wenn sie vereinigt konzertierten, nur ein Gelispel sein würde.

So wenig die Weite der Krater im Verhältnis zur Berghöhe steht, so gilt[5] dieses noch viel weniger von der Kratertiefe im Zustande der Ruhe. Oft verwischt sich der Krater so gänzlich, dass der Berg das Aussehen eines Vulkans verliert, wie dieses vom glockenförmigen[6] 5275 m hohen grossen Ararat[7] gilt, während man andererseits an dem prächtig kegelförmigen, schneebedeckten 5925 m hohen Popocatepetl[8] in Mexiko im 1625 m weiten Kraterschlund erst in 2900 m Tiefe den Boden mit den zahllosen[9] erstickende Schwefeldämpfe ausstossenden Spalten[9] erblickt.

Die Zahl der Vulkane, welche bis jetzt entdeckt[10] und in historischer Zeit sich thätig zeigten, beträgt nahe 700. Diese Zahl müsste mehrmals vervielfacht werden, wenn man[11] alle die Kegel, welche oft nur e i n e Eruption gehabt,[12] mitunter aber recht ansehnliche Berge bilden, wie die 260 m relativ hohen Monti[13] Rossi zwischen Catania und dem Hauptkegel des Ätna, die einen grossen Vulkan umlagern, mitzählen wollte,[11] da allein der Ätna[14] von mehr als 100,[15] der Jorullo[16] in Mexiko auf seinem Fusse, einem grossen Lava- und Aschenwulst,[17] und der Gunong Gelungung auf Java von mehr als 1000 solcher zum Teil an 40 m hohen Kegel umgeben werden. Sie würde noch viel grösser sein, könnte man die untermeerischen[18] Ausbrüche zählen, die

nur selten zur Beobachtung gelangen und in anderer Art durch Emporheben einer ungeheuren Wasserfontaine ein prächtiges Schauspiel bieten. Gewöhnlich bedecken bei solchem Ausbruch die aufgeblähten[1] Laven als leichte Bimssteine[2] weithin das Meer. Die ausgespienen[3] Massen glühender Asche und Lava fallen als unheimlicher Schauerregen prasselnd hernieder und bauen allmählig einen Aschenkegel im unruhigen Meere auf. Inmitten dieses Kegels tobt dann die vulkanische Kraft; siedende Wasserstrahlen, von Blitzen durchzuckt, springen fontainenartig gen Himmel. So entstand i. J. 1811 bei der Azoreninsel St. Michel die Insel Sabrina,[4] im Juli 1831 nahe der Südwestküste Siciliens die Insel Ferdinandea.[5] Doch, wie hier, so wohl[6] in den meisten Fällen, wenn überhaupt[7] jemals die Aufschüttung den Meeresspiegel erreichte, zerstört das Meer den lockeren Aufbau wieder, dessen kompakter Lavakern im günstigsten Falle vielleicht bei späteren Ereignissen wie ein Pfropf[8] emporgeschoben wird. So tauchten[9] im submarinen Krater der Santorininselgruppe die Kaimeniinseln,[10] bedeckt mit fest gewachsenen Austern und anderen Schaltieren auf[9] und die erneute vulkanische Thätigkeit fand nur durch Klüfte und Spalten des gesprengten Gesteins statt. Solche Lavakerne,[11] deren Aschenkegel längs zerstört,[12] die[13] selbst aus dem durchbrochenen Grundgebirge herausgespült[14] als steile Felsmassen sich präsentieren, die sogar als sehr zähflüssige[15] Masse in,[16] dem Erstarren nahen, unförmlichen Schollenhaufen[16] bei spärlicher Gasentwickelung direkt aufgebaut wurden, führen[11] den Namen *Domvulkane* (Fig. 9) und wenn für den letzteren Fall die Lava noch fliessen konnte, *Lavadecken*.

Übersieht man die Verteilung der Vulkane, so lassen sich die meisten ohne Zwang[17] als in gerad-[18] oder krummlinige[19] Reihen gestellt ansehen, was unzweideutig dafür spricht,[20] dass sie Erhebungen auf Spalten,[21] teils auf dem

Kamm[1] der Gebirge, teils demselben[2] oder bei[3] Inseln der Küstencontour[4] des nahen Festlandes conform sind. Südamerika hat nicht nur die schönsten Vulkanreihen, sondern zählt auch unter seinen vielen Vulkanen einen der höchsten auf Erden, nämlich den 7286 m hohen Aconcagua in der Chilenischen Reihe, sowie den vollkommensten Kegel im 6500 m hohen Cotopaxi in Ecuador.

Diese höchsten Vulkane der Erde sind selbst unter dem Äquator mit ewigem Schnee bedeckt, ihre Eruptionen finden fast nur aus tieferen Spalten statt, aber unheilverkündend wird der Vulkan, wenn sein Haupt sich schwärzt, wenn die Schneedecke in wenig Stunden schmilzt und eine aus Schneewasser und vulkanischer Asche gebildete Schlammlawine die fruchtbaren Gefilde des Fusses überflutet. Von isländischen Vulkanen sind solche Schlammströme bekannt (wie vom Kotlugja 1755), die Eisschollen mit hausdicken Felsblöcken beladen fortwälzten und 20 Quadratmeilen überfluteten.

Eine Wassereruption kann sogar vom Vulkan selbst ausgehen, wenn entweder nach langer Ruhe der Krater sich mit Wasser gefüllt hat oder in Höhlen grosse Wasseransammlungen angehäuft sind, die, ausgestossen, als siedend heisse Schlammströme furchtbar verheerend wirken, da sie mit unglaublicher Schnelle herabbrausen und jedes Hindernis bewältigen. Die meisten Vulkane Javas und viele amerikanische wirken auf diese Weise und bringen zahllose tote Fische mit, welche die ganze Gegend verpesten. Eine solche Wassereruption hatte auch der grosse Ararat am 20. Juni 1840. Die in gewaltigen unterirdischen Höhlen aufgespeicherten, hauptsächlich von den Schneemassen des Berges gespeisten Wasser hatten einen Weg zum Vulkanheerd gefunden und wurden von den entwickelten Dämpfen aus Sprengspalten nebst 500 Zentner schweren, weithin sausenden Felsblöcken unter furchtbarem Getöse und Erdbeben ausgeworfen.

Anthropologie.[1]

I.

Der Blutkreislauf.

1. Das Blut.

Das Blut ist eine tiefrotgefärbte, etwas dickflüssige[2] Masse von stets gleichbleibender Temperatur (36–38°C.). Es ist schwerer als Wasser (spec.[3] Gew. 1,06) und ist ein Gemisch von flüssigen und festen Teilen. Die flüssige Masse (Blutflüssigkeit oder Plasma) ist blass weingelb gefärbt. Beim Absterben des Bluts sondern[4] sich flüssige und feste Teile, die flüssigen oben, die etwas schwereren festen Teile unten; dort bilden sie den sog. Blutkuchen.[5] Dieser besteht aus einer bald nach dem Absterben aus dem Plasma ausgeschiedenen gerinnenden[6] Masse, dem Faserstoff oder Fibrin, und schliesst die geformten Teile des lebenden Bluts, die Blutkörperchen,[7] in sich ein. Diese sind winzige, kreisförmige Scheibchen[8] von 0,007 mm Durchmesser und 0,002 mm Dicke, deren Rand und Mitte etwas verdickt sind. Ein Kubikmillimeter Blut enthält ihrer etwa 5 Millionen. Sie sind gallertartig[9] weich und dabei elastisch, so dass sie sich gelegentlich in lange Fäden ausziehen lassen, um nachher wieder in ihre Form zurückzukehren. Ein wesentlicher Bestandteil der Blutkörperchen ist der rote Farbstoff, das Hämoglobin[10]; das Blutserum enthält ausser sehr viel Wasser unter anderm noch Eiweisskörper,[11] Salze, auch Gase (Sauerstoff, Kohlensäure und wenig Stickstoff).

Ausser den roten Blutkörperchen enthält das Blut auch noch farblose Zellen, die etwas grösser sind als jene und

keine bestimmte Form haben, sondern nach Art gewisser niedrer Tiere, der Amöben,[1] dadurch ihre Form fortwährend unregelmässig ändern, dass ihre weiche Körpermasse weiterfliesst.[2] Ihre Bedeutung ist noch nicht klar erkannt. —Die ganze Blutmenge beträgt beim erwachsenen Menschen etwa $^1/_{13}$ des Körpergewichts. Der Mensch kann höchstens den Verlust der Hälfte seines Blutes ertragen.

Die Blutkörperchen gehen[3] nach einiger Zeit zu Grunde und müssen durch frischgebildete wieder ersetzt werden. Dieser Ersatz geschieht wahrscheinlich in der Leber, der Milz[4] und dem Knochenmark.

2. Das Herz.

Das Blut wird durch das Herz in steter Bewegung gehalten. Dieses ist ein aus Muskeln bestehender Sack von etwa kegelförmiger Gestalt; seine Spitze[5] hängt nach unten. Die grösste Länge beträgt etwa 15 cm, die grösste Breite (quer) 11 cm, die grösste Tiefe (von vorn nach hinten) 9 cm. Es liegt nicht genau in der Mittelebene der Brusthöhle,[6] sondern etwas nach links; auch steht seine Längsachse nicht senkrecht, sondern ist etwas[7] von hinten oben nach vorn unten geneigt.

Die Masse des Herzens ist ein sehr derber, quergestreifter[8] Muskel, der[9] jedoch dem Willen gänzlich entzogen ist. Seine Fasern bilden in teils netzartigen[10] Verzweigungen, teils spiraligen Zügen die Wand des Herzens. Dabei sind die Muskeln der Vorkammern[11] von denen der Herzkammern[12] ganz unabhängig, dagegen ziehen Muskelbündel[13] von der rechten nach der linken Herzhälfte.

Eine Längsscheidewand[14] teilt von vorn nach hinten den ganzen Herzraum in zwei Herzhälften. Von jeder Herzhälfte wird durch eine quere Scheidewand nochmals ein Raum abgetrennt; die so entstandenen vier Räume heissen

linke und rechte Herzkammer (Fig. 50 *a b*) [unten], und linke und rechte Vorkammer (Fig. 50 *c d*) [oben]. Eine seichte Furche[1] auf der äussern Fläche deutet die Lage der Längsscheidewand, wie auch eine ungefähr quer um das Herz laufende Rinne[2] die Grenze von Kammern und Vorkammern bezeichnet.

Die Längsscheidewand ist nicht durchbohrt, so dass zwischen den beiden Herzhälften keine Verbindung besteht. Dagegen hat jede Querscheidewand eine Öffnung und jeder Herzraum eine (oder auch zwei) solche nach aussen. Diese letztern liegen alle auf der obern Fläche des Herzens. Die vier Räume sind annähernd gleich gross, die beiden Vorkammern um ein geringes kleiner als die Herzkammern, dafür aber einer grössern Ausdehnung fähig. Die Wand der linken Herzkammer ist beträchtlich dicker als die der rechten: die von der linken Herzhälfte zu leistende[3] Arbeit ist die weitaus grössere.

Die Innenfläche der Herzräume ist nicht glatt. Die Muskelbündel, aus denen die Masse des Herzens besteht, springen leistenförmig[4] in das Herz vor, ragen wohl auch frei in dasselbe hinein. Man nennt sie die Fleischbalken[5] des Herzens.

Das ganze Herz steckt in einem häutigen[6] Sack, dem Herzbeutel.[7] Er ist unten am Zwerchfell[8] angewachsen und umschliesst das Herz nicht vollständig. Der Zwischenraum ist mit einer wässrigen Flüssigkeit ausgefüllt.

Die Sicherung des Blutstroms[9] gegen Rückstauungen geschieht durch die Ventile oder Herzklappen.[10] An den Öffnungen zwischen Vor- und Herzkammer findet sich in der rechten Herzhälfte eine dreizipflige,[11] in der linken eine zweizipflige Klappe, an den Ausgängen aus den beiden Herzkammern je drei halbmondförmige[12] Klappen. Die zwei- und dreizipfligen Klappen sind je zwei an den Querwänden zwischen Vor- und Herzkammer angewachsene

derbe Häute; sie sind so gross, dass ihre freien Ränder sich berühren. Von diesen gehen eine Anzahl fester Fäden in das Innere der Herzkammern und befestigen sich an den Fleischbalken der Wände. Die halbmondförmigen Klappen sind je drei häutige Säcke, die, ähnlich wie Schwalbennester, mit der Spitze nach unten an der Wand der jeweiligen[1] Arterie so angewachsen sind, dass sie sich mit ihren äussern, freien Rändern berühren, also den ganzen Raum ausfüllen können.

Die Bewegungen der Herzmuskeln treiben das Blut durch den Körper. Von der linken Herzkammer aus[2] wird der ganze Körper mit Ausnahme der Lungen durchspült.[3] Das von da zurückströmende Blut tritt durch die rechte Vorkammer in die rechte Herzkammer, die es in die Lunge befördert und durch diese[4] hindurchtreibt. Aus dieser kehrt es durch die linke Vorkammer wieder in die linke Herzkammer zurück, um von da aus seinen Kreislauf von neuem zu beginnen.

Diese Arbeit leistet das Herz durch regelmässige Zusammenziehungen,[5] Herzschläge. Die Vorgänge bei einem Herzschlag sind folgende: die beiden mit Blut gefüllten Vorkammern ziehen sich zusammen, ebenso die grossen in dieselben mündenden Gefässe, und pressen dadurch das Blut nach unten, in die leeren schlaffen[6] Herzkammern. Sobald diese gefüllt sind, ziehen sie sich auch zusammen, wodurch das Blut aus dem Herzen hinausgestossen wird. Darauf erschlaffen die Herzkammern wieder. Unterdessen, d. h. schon während der Zusammenziehung der Herzkammern, haben sich die Vorkammern durch einfaches Zuströmen von Blut aus den Venen[7] wieder mit Blut gefüllt, und das Spiel beginnt von neuem.

Während dieser Vorgänge sind die Herzklappen in ununterbrochener Thätigkeit. Das aus den Vorkammern in die Herzkammern einströmende Blut schiebt die beiden

zwei- und dreizipfligen Klappen zurück, sie[1] um ihre Anwachsstellen drehend,[1] und füllt die Herzkammern. Bei der darauf folgenden Zusammenziehung der Herzkammern presst das Blut sie so zusammen, dass sie sich mit ihren Rändern fest an einander legen und dadurch die Öffnung nach der Vorkammer vollständig schliessen. Die von ihren Rändern ausgehenden Fäden sind jetzt straff gespannt[2] und verhindern, dass die Klappen sich[3] weiter als in die Ebene der Zwischenwand zurückschlagen.[3] Anders bei den halbmondförmigen Klappen: der aus den Herzkammern herausschiessende Blutstrom drückt sie platt an die Wand, so dass der Weg für das Blut frei wird. Nach dem Stoss, mit dem die Herzkammer das Blut hinauspresst, sinkt ein Teil desselben wieder nach unten zurück und füllt dadurch die drei Taschen. Diese legen sich jetzt mit ihren äussern Wänden fest an einander und schliessen dadurch den Durchgang zurück[4] in die Herzkammer. Der nächste Herzstoss legt die Klappen wieder an die Wand.

Die Blutmenge, die während eines Herzschlags durch das Herz hindurchgepumpt wird, beträgt etwa 150–190 ccm,[5] die Häufigkeit der Herzschläge im Mittel 72 in der Minute. Die Arbeit des ganzen Herzens während 24 Stunden wird zu etwa 75000 kg berechnet, also gleich der Arbeit, die erforderlich ist, 75000 kg 1 m hoch zu heben: dies ist eine der Wärmequellen des Körpers, da diese gesamte Arbeit durch Reibung des Bluts in den Blutgefässen in Wärme verwandelt wird.

Die Bewegungen des Herzens (Puls) werden durch starke Muskelthätigkeit, durch Wärme, durch mancherlei Gemütsbewegungen und durch Schmerzempfindungen beschleunigt.

3. Die Blutgefässe.[6]

Die Röhren, in denen das Blut fliesst, sind aus Haut, von sehr verschiedener Weite, sehr verschiedener Wand-

stärke und Elasticität. Solche, die das Blut vom Herzen wegführen, heissen Arterien (Fig. 50 *e h*); in den Venen (Fig. 50 *g f*) fliesst das Blut zum Herz zurück. Die Arterien verzweigen sich mehr und mehr und lösen sich zuletzt in feinste Gefässe, die Haargefässe[1] oder Kapillaren (Fig. 50 *i k*) auf. Diese bilden in vielfachen Schleifen[2] ein sehr stark verzweigtes Netzwerk und vereinigen sich dann wieder zu kleinen Venen, die nach und nach zu grösseren Stämmchen[3] und zuletzt zu den beiden grossen Körpervenen[4] zusammenlaufen. Von den Kapillaren aus findet die Arbeit des Bluts, der Umtausch der Stoffe statt, sie sind also das Hauptstück des ganzen Blutsystems, das Herz hat nur den Zweck, das Blut an seine Arbeitsstellen,[5] die Kapillaren, hinzutreiben. Man bezeichnet also wohl richtiger als Arterien solche Gefässe, die das Blut zu einem Kapillarnetz hin-, als Venen die Gefässe, die es aus einem Kapillarnetz wegführen.

Die Arterien sind dickwandig,[6] elastisch, reich mit Muskelbündeln versehen und hellgefärbt. Die Venen sind dünnwandig, stets weiter als die entsprechenden[7] Arterien und viel ärmer an Muskelfasern. Sie sind dunkelgefärbt und vielfach mit Klappen ausgestattet. Die Kapillaren sind sehr eng, ihre Weite schwankt[8] zwischen 0.005 mm und 0.02 mm. Sie teilen sich vielfach, ohne enger zu werden. Ihre Wände sind entsprechend[9] dünn.

Ausser der Kranzarterie[10] und der Kranzvene, welche die Herzmuskeln mit Blut versorgen, entspringen oder endigen am Herzen acht grosse Gefässe. Aus der linken Herzkammer kommt die Aorta[11] oder Körperarterie (Fig. 50 *e*), die sich in einem Bogen über das Herz herüberschlagend[12] an die Wirbelsäule[13] zieht; am Bogen giebt sie die Gefässe für Kopf, Hals und Arme ab; die Wirbelsäule entlang wendet sie sich nach unten, um von dort aus auch noch Brust, Bauch und Beine mit Blut zu

versorgen. Aus der rechten Herzkammer entspringt die Lungenarterie[1] (Fig. 50 *h*), die sich bald in zwei Äste gabelt,[2] je einen für jeden Lungenflügel.[3] In die rechte Vorkammer münden die zwei Hohlvenen[4] (Fig. 50 *f*), die obere und die untere, von denen die erste das Blut aus Kopf, Hals und den Armen, die letztere aus dem ganzen übrigen Körper sammelt. Vier Gefässe endlich bringen als Lungenvenen[5] (Fig. 50 *g*) das Blut aus der Lunge in die linke Vorkammer, zwei kommen aus dem rechten, zwei aus dem linken Lungenflügel. — Bei der Anordnung dieser Gefässe finden sich mannigfache Abweichungen von der sonst innegehaltenen[6] Symmetrie des Körpers.

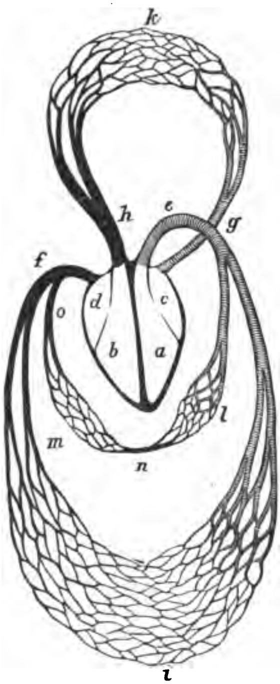


Fig. 50.

Schema für den Kreislauf des Bluts. *a* linke, *b* rechte Herzkammer, *c* linke, *d* rechte Vorkammer, *e* Körperarterie, *f* Körpervene, *g* Lungenvene, *h* Lungenarterie; Haargefässnetze *i* des Körpers, *k* der Lunge, *l* der Eingeweide, *m* der Leber; *n* Pfortader, *o* Lebervene.

Einen besonderen Verlauf nimmt noch das Blut der Baucheingeweide[7] (Fig. 50 *l*). Dasselbe stammt aus dem absteigenden Ast[8] der Aorta. Aus den Kapillaren des Darms[9] u. s. w. sammelt es sich erst in einem starken Gefäss, der Pfortader[10] (Fig. 50 *n*), die in die Leber eintritt und sich dort nochmals in ein Kapillarnetz auflöst. Dort scheidet das Blut die Galle[11] aus, sammelt sich wieder in der Lebervene[12] (Fig. 50 *o*) und tritt jetzt, nachdem es durch zwei Kapillarnetze durchgegangen ist, in die untere Hohlvene ein.

Sämtliche Gefässe haben, abgesehen von einer geringen Elasticität, die Fähigkeit, sich vermittelst ihrer Muskelfasern zu verengern[1] und so ihre Weite der durchströmenden Blutmenge sehr vollkommen anzupassen.[2] Die Arterien besitzen diese Eigenschaft in höherem Grad als die Venen, bei allen aber wird dadurch die Arbeit des Herzens in hohem Mass unterstützt, d. h. das Blut im Sinn[3] des Blutstroms weiter gedrängt. In den Arterien fliesst das Blut ruck-[4] und stossweise; die vom Herzen ausgehenden Stösse schieben das Blut in die Kapillaren hinein; dort aber bricht[5] sich der Stoss, so dass das Blut in gleichmässigem Strom die Haargefässe verlässt und ebenso in den Venen weiterfliesst. Von jetzt ab treibt nicht mehr die Kraft des Herzstosses das Blut vorwärts, sondern in den abwärts laufenden[6] Venen die Schwere des Bluts, in allen der Druck und die Bewegungen der Muskeln und in erster Linie[7] die Saugkraft des Brustkorbs. Beim Einatmen wird der Brustraum erweitert und der Druck darin vermindert. Dadurch wird das Venenblut in den Brustkorb hineingepresst. Das Rückströmen[8] des in den Venen befindlichen Bluts wird durch zahlreiche an den verschiedensten Stellen angebrachte Klappen verhindert, die ähnlich gebaut sind, wie die halbmondförmigen Klappen des Herzens.

Die Kapillaren endlich sind so eng, dass in ihnen nur eine einfache Reihe von Blutkörpern sich bewegen kann, und diese sich häufig, besonders an den Teilungsstellen der Gefässe, in die Länge[9] ziehen oder biegen müssen. Später nehmen sie die frühere Form wieder an.

Die Geschwindigkeit des Blutstroms ist nach Zeit, nach Art und Ort des Gefässes verschieden, am grössten natürlich im Anfang von Aorta und Lungenarterie, am kleinsten in den Kapillaren. Zum einmaligen[10] Durchlaufen des ganzen Kreislaufs würde ein Blutkörperchen 27 Herzstösse oder etwa 23 Sekunden brauchen.

4. Die Lymphe.

Durch den arteriellen Blutdruck wird das Blut durch die Wände der Kapillaren in die umgebenden Gewebe[1] hineingepresst, spült[2] dort die verbrauchten Stoffe weg[2] und lässt als Ersatz neues Material zurück. Die danach noch übrig gebliebene Blutflüssigkeit heisst jetzt Lymphe. Sie ist eine klare Flüssigkeit, die sich wieder in vielen feinen Gefässchen, den Lymphgefässen,[3] sammelt. Diese entspringen im ganzen Körper, vereinigen sich genau[4] wie die Venen zu kleineren und dann grösseren Stämmchen, die in der Nähe der Venen verlaufen,[5] sie vielfach begleiten und endlich in den Brustraum eintreten. In der Bauchhöhle[6] nehmen die Lymphgefässe die vom Darm herkommenden Chylusgefässe[7] auf. Nachdem die Lymphe durch verschiedene Lymphdrüsen[8] durchgeflossen ist (auch das Knochenmark) und sich dort mit den Lymphkörperchen beladen hat (Körperchen von derselben Grösse, Farbe und Beweglichkeit wie die weissen Blutkörperchen), sammelt sie sich aus der ganzen unteren Körperhälfte, dem linken Teil des Brustraumes und der linken Kopfhälfte in einem grossen Gefäss, das in die linke Schlüsselbeinvene[9] mündet. In die rechte Schlüsselbeinvene ergiesst sich die Lymphe aus der rechten Brust- und Kopfhälfte.

Während der vom Darm herkommende Darmsaft, der Chylus,[10] nur zur Zeit der Verdauung fliesst, in der übrigen Zeit aber die Chylusgefässe leer sind, geht die Bewegung der Lymphe ohne Unterbrechung vor sich, wenn auch nicht gleichmässig. Die Lymphe fliesst um so stärker aus irgend einem Organ, je mehr dasselbe thätig ist, je mehr es also vom Blut durchspült wird. Alles, was also den Blutzufluss[11] vermehrt oder den Blutdruck erhöht, steigert auch die Absonderung[12] der Lymphe. — Der Lymphstrom bewegt sich viel langsamer als der Blutstrom.

5. Die Atmung.[1]

Der Teil der Ernährung, bei welchem gasartige Körper ausgetauscht werden, heisst Atmung. Dabei handelt es

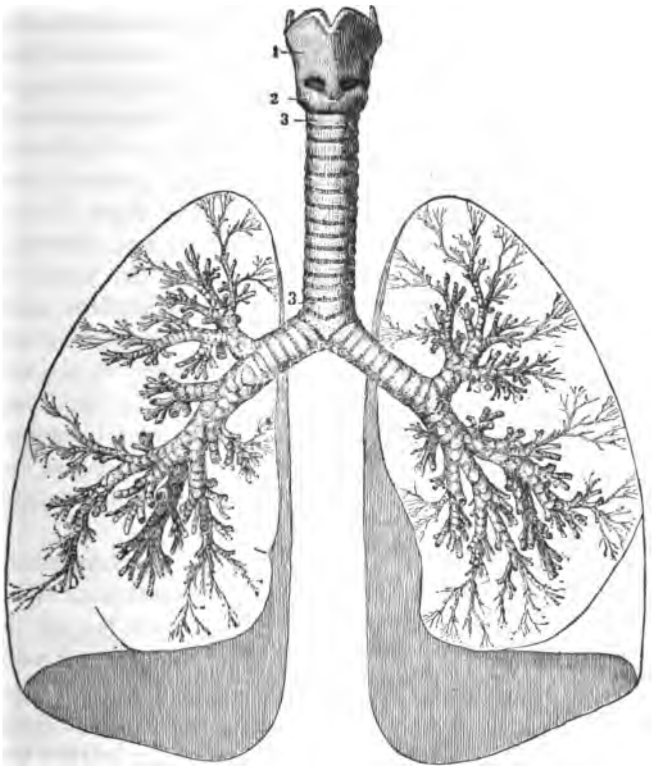


Fig. 51.
1. Schildförmige[2] Knorpel des Kehlkopfs. 2. Ringähnliche[3] Knorpel des Kehlkopfs. 3. Luftröhre.[4]

sich fast ausschliesslich um Aufnahme[5] von Sauerstoff und Abgabe[6] von Kohlensäure. Ein kleiner Teil dieses Gaswechsels geschieht durch die Haut, der grösste durch

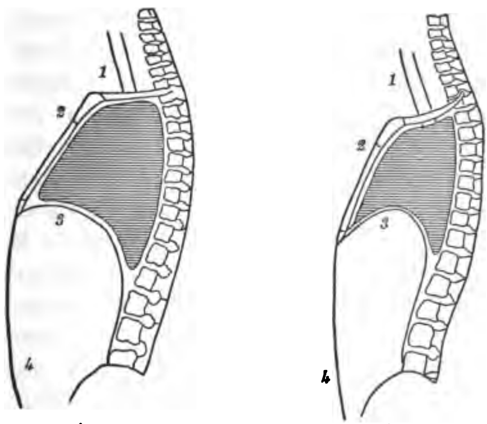
die Lunge. Dorthin gelangt die Luft durch Mund- oder Nasenhöhle,[1] Kehlkopf und Luftröhre.

Die Luftröhre ist ein stets offenes Rohr von etwa 12 cm Länge, bei einer lichten Weite[2] von 20 mm von rechts nach links und 12–15 mm von vorn nach hinten. Ihr oberes Ende in der Gegend des fünften Halswirbels[3] ist der Kehlkopf, unten, in der Gegend des fünften Brustwirbels[3] gabelt sie sich in zwei Äste, die sofort in die beiden Lungenflügel[4] eintreten (Fig. 51, 3). Ihre Wand, deren innere Schichte Schleimhaut[5] ist, wird von 18–20 C förmigen Knorpeln[6] gestützt, deren offene Seite nach hinten gekehrt ist. Die Höhe der einzelnen Knorpelstücke ist 4 mm, ihre Dicke 2 mm. Elastische Bandmasse[7] verbindet die Knorpelstücke und bildet die hintere Wand der Luftröhre. So ist diese eine offene, steife, aber doch auch elastische Röhre, die bei starkem inneren Druck (Husten) sich erweitern, auch beim Schlucken,[8] Sprechen, wie bei manchen Kopfbewegungen in der Längsrichtung[9] ihre Grösse ändern kann. Mit ihrer Umgebung ist sie nur durch loses Bindegewebe[10] verwachsen, so dass sie (beim Schlucken u. s. w.) sich leicht verschieben, auch seitlichem Druck leicht ausweichen kann.

Die Lunge besteht aus zwei nahezu gleichen, stumpf kegelförmigen Teilen, den beiden Lungenflügeln. Diese schliessen zwischen sich das Herz ein und füllen mit ihm die ganze Brusthöhle aus. Sie sind auf der Oberseite blassrot gefärbt, sehr weich und leicht und sehr elastisch. Im Innern zeigen sie ein schwammiges Gefüge[11] und sind äusserst reich an Blutgefässen. Ihr Gewicht beträgt trotz ihrer Grösse nicht viel über 1,25 kg. Die äussern Flächen legen[12] sich der Wand des Brustkorbs fest an[12] und wiederholen[13] die Wölbung desselben; die untere Fläche ist hohl,[14] sie liegt[15] der Wölbung des Zwerchfells an,[15] ebenso sind die innern dem Herzen zugekehrten Flächen hohl. Mehrere Einschnitte[16] teilen die Lungenflügel in einzelne Abschnitte,

die[1] Lungenlappen heissen, rechts in drei, links in zwei Lappen. Die äusserste Fläche der Lunge ist durch dunklere Linien in unregelmässige Felder[2] geteilt, die der Gruppierung der Lungenläppchen im Innern entsprechen.

Jeder Luftröhrenast[3] teilt sich bei seinem Eintritt in die Lunge in so viele Zweige, als der Flügel kleinere Abteilungen, Lungenläppchen besitzt. Diese Zweige teilen und gabeln sich weiter, bis die feinsten Äste etwa 0,2–0,3 mm weit



A B

FIG. 52.

A. Einatmung. B. Ausatmung. 1. Luftröhre. 2. Brustbein. 3. Zwerchfell.

geworden sind. Die gröbern Äste sind noch mit Knorpelringen[4] ausgestattet, die feinern Zweige haben in ihrer Wand nur noch vereinzelte Knorpelplättchen,[5] dann verschwinden auch diese, die Röhrchen bestehen bloss noch aus elastischer Haut. Die letzten Verzweigungen sind an den Seiten und am Ende mit traubenförmigen[6] Gruppen von kolbigen Ausstülpungen[7] aus sehr dünner Haut besetzt, den Lungenbläschen,[8] die nach den Luftröhrenästchen offen sind. Häufig verschwinden auch die Wände benach-

barter Bläschen, so dass oft unregelmässig gestaltete Räume entstehen. Der Innenraum der Lunge erhält so eine sehr grosse Flächenausdehnung. Die Wand der Bläschen ist von einem ausserordentlich dichten Netz von Haargefässen umsponnen.[1] Die Zahl der Lungenbläschen wird auf 1600 bis 1800 Millionen geschätzt.

Jeder Lungenflügel steckt, wie das Herz im Herzbeutel,[2] so auch in einem häutigen Sack, dem Brustfell.[3]

Der ganze Hohlraum der Lunge ist zur Aufnahme der Luft bestimmt. Das Aus- und Einströmen derselben heisst Atmen. Das Einatmen[4] wird dadurch bewirkt, dass der Brustkorb sich erweitert und zwar von oben nach unten durch Abflachen[5] des nach oben gewölbten Zwerchfells, von vorn nach hinten und von rechts nach links durch Hebung und Wölbung des Brustkorbs. In diesem erweiterten Brustraum wird die Spannung der Luft geringer; da aber die Oberfläche der Lunge luftdicht der Wand der Brusthöhle anliegt, auch infolge ihrer Elasticität jeder Formveränderung der Brusthöhle folgt, so muss[6] in den luftverdünnten Hohlraum der Lunge die äussere Luft einströmen. Das Ausatmen[7] geschieht ohne Muskelarbeit dadurch, dass die Last des gehobenen Brustkorbs sich senkt und das gespannte Zwerchfell sich wieder wölbt.[8] Beides zusammen presst auf die Lunge und treibt die Luft aus ihr heraus. Nur bei starkem Singen oder Schreien wird zum Auspressen der Luft auch Muskelarbeit verwandt. Bei dem ganzen Atemgeschäft sind also sämtliche Bewegungen der Lunge passiv. Eigenbewegungen kann sie nicht ausführen.

Bei einem tiefen Atemzug können etwa 4000 ccm Luft in die Lunge einströmen; aber auch beim tiefsten Ausatmen wird dieselbe nie leer, es bleiben immer etwa 1500–2000 ccm Luft darin, so dass also der Luftraum der Lunge im ganzen etwa 6000 ccm beträgt. Beim ruhigen Atmen vergrössert sich der Lungeninhalt um nur etwa ⅙. Die Zahl der Atem-

züge beträgt in der Minute etwa 18. Die Atembewegungen geschehen in der Regel ohne Zuthun[1] des Menschen, sind aber nicht so unwillkürlich, dass der Mensch das Atmen nicht kurze Zeit einstellen, beschleunigen oder verlangsamen könnte. Starke Muskelarbeit, seelische[2] Erregungen beschleunigen die Atembewegungen.

In der Mund- und Nasenhöhle wird die Luft erwärmt und vom Staub gereinigt, der an den feuchten Wänden haften bleibt.[3] In der Lunge selbst tritt sie nun in Beziehung zum Blut. Die Lungenarterie treibt das Blut, das im Körper Kohlensäure aufgenommen und sich infolge davon dunkel gefärbt hat (venöses Blut) in die Lungenkapillaren. Dort ist es von der Luft der Lungenbläschen nur durch zwei sehr dünne Hautschichten getrennt. Durch diese hindurch tritt nun die Kohlensäure aus dem Blut in das Lungenbläschen, und der Sauerstoff aus dem letztern in das Blut. Dieses wird dadurch wieder hell (arteriell).

Die atmosphärische Luft besteht, abgesehen von einer sehr wechselnden Menge von Wasserdampf auf 10,000 Raumteile, aus

7901	Teilen	Stickstoff,
2095	"	Sauerstoff,
4	"	Kohlensäure.

Die ausgeatmete Luft enthält, wiederum ohne die schwankende Menge Wasserdampf,

7942	Teile	Stickstoff,
1620	"	Sauerstoff,
438	"	Kohlensäure.

Von dem in der eingeatmeten Luft enthaltenen Sauerstoff behält also die Lunge etwa $^1/_5$ zurück und giebt dafür eine ähnliche Menge Kohlensäure ab. Im ganzen gelangen auf diesem Weg im Lauf eines Tages 700–750 g Sauerstoff in den Körper, 850–900 g Kohlensäure verlassen denselben.

Ausserdem giebt die Lunge ansehnliche Mengen Wasser ab. Der Stickstoff wird fast unverändert wieder ausgeschieden.

Unter innerer Atmung versteht man die Vorgänge, bei denen das Blut den Sauerstoff an den Körper abliefert und dafür Kohlensäure empfängt. Dieselben spielen[1] sich allenthalben im Körper in den Kapillaren der verschiedenen Gewebe und in diesen selbst ab.[1] Die innere Atmung ist auch die wichtigste Wärmequelle. Sie ist zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden stark; sie wird durch jede Art von Thätigkeit gesteigert, wie Nahrungsaufnahme, Muskelarbeit u. s. w.

II.

Das Auge.

Das Auge liegt in der Augenhöhle,[2] einem kegelförmigen Raum, der an seinem äussern Rand von Nasen-,[3] Stirn-, Jochbein und Oberkiefer, im Innern von Keil-,[4] Sieb- und Thränenbein begrenzt wird. Diese Umkapselung[5] des Auges, besonders deren äusserer Rand ist ein wirksamer Schutz gegen einen Schlag. Das Innere der Höhle wird[6] von einer Fettmasse ausgekleidet, in der der Augapfel[7] eingebettet liegt. Zwei Hautfalten[8] schützen das Auge von aussen, die beiden Augenlider[9]; von diesen ist das obere grösser und beweglicher als das untere. In ihren Rand sind dünne Knorpelstäbchen[10] eingelagert, die die Haut des Augenlids spannen; aussen ist er mit Wimpern[11] besetzt, borstenförmigen[12] Haaren, die von kleinen im Innern des Lids liegenden Drüsen eingefettet werden. Die Innenseite der Augenlider wird von Schleimhaut gebildet.

Die Augenlider schliessen die Augen beim Schlaf, bilden einen Schutz gegen einen Stoss und wischen durch ihre in kurzen Pausen wiederholten Bewegungen den aus der Luft auf das Auge sich ablagernden Staub weg.

An der obern Wand der Augenhöhle liegen die Thränendrüsen,[1] mehrere Gruppen von lappigen[2] Drüsen, deren grösste etwa 2.2 cm lang, 1.4 cm breit, dabei aber sehr dünn ist. Sie sondern[3] die Thränenflüssigkeit ab,[3] die der Haupt-

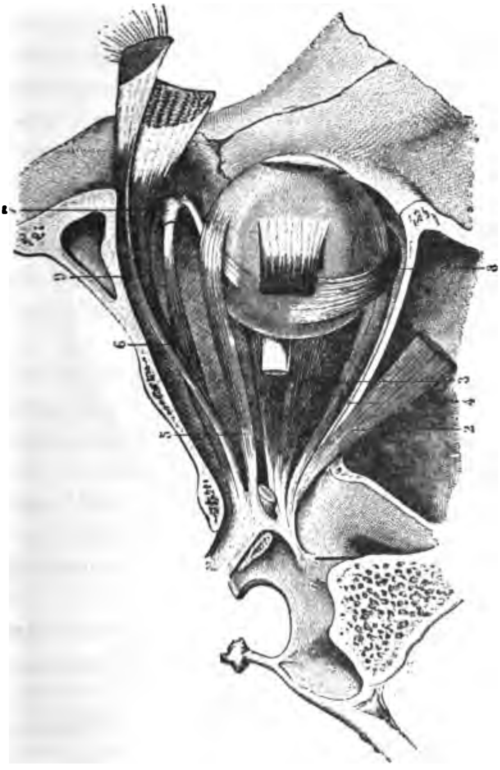


Fig. 53. — Der Augapfel in seiner Höhlung mit den ihn bewegenden Muskeln. Rechts sieht man das hervorragende Nasenbein mit einem Teil des Backenknochens; das Auge ruht auf dem letzteren. Durch die durchsichtige Hornhaut erblickt man schwach die Pupille. 2. Äusserer gerader Muskel, durchgeschnitten und umgebogen, um die Rückseite des Auges zu zeigen. 3. Innerer gerader Muskel. 4. Unterer gerader Muskel. 5. Oberer gerader Muskel. 6. Oberer schräger Muskel. 7, 8. Unterer schräger Muskel. 9. Hebemuskel des oberen Augenlides. Der Sehnerv erstreckt sich von der Rückseite des Auges als eine Sehne von beträchtlicher Grösse; ein Teil davon ist hier weggeschnitten.

sache nach aus Wasser und Salz besteht und bei offenem Auge unausgesetzt die vordere Augenwand bespült und warm hält und das leichte Reinhalten des Auges durch die Augenlider ermöglicht. Das abfliessende Wasser samt dem weggespülten Staub sammelt sich im innern Augenwinkel,[4]

wo es durch eine kleine Öffnung, den Thränenpunkt,[1] in eine feine Röhre, den Thränenkanal, und von da in die Nase geleitet wird. Jeder auf das Auge ausgeübte Reiz[2] (Berührung der Hornhaut[3] durch fremde Körper oder sehr kalte Luft, starker Lichtreiz, manchmal auch Übermüdung[4]) ruft die Thränen ins Auge.

Der Augapfel wird in seiner Höhle von drei Paar Muskeln bewegt. Zwei Paare treten vom Winkel der Augenhöhle in geradem Zug an das Auge, umfassen dasselbe von oben, unten, rechts und links und ziehen auch jeweils das Auge nach diesen Richtungen. Diese vier Muskeln heissen die vier geraden Augenmuskeln. Ein weiteres Paar setzt sich von oben und unten her seitwärts an den Augapfel und wirkt bei der Drehung des Auges nach aussen mit. Drehungen des Auges um die Sehaxe[5] kommen oft vor.

Die[6] Bewegungsfähigkeit des Augapfels ist beschränkt. Jeder Muskel wirkt als Hemmungsband[6] des entgegengesetzten Muskels. Gewöhnlich aber werden Bewegungen des Augapfels von gleichgerichteten[7] Bewegungen des ganzen Kopfs begleitet. Beide Augen bewegen sich stets im selben Sinn,[8] d. h. so, dass beide stets den Blick auf denselben Punkt wenden. Störungen und Unregelmässigkeiten dabei bezeichnet man als Schielen.[9]

Drei Paar Nerven, die Augenbewegungsnerven, regieren die Bewegungen der Augenmuskeln; sie kommen unmittelbar aus dem Gehirn.

Die Schleimhaut der Augenlider überzieht als farblose durchsichtige Haut, Bindehaut,[10] die vordere Wand des Augapfels.

Der Augapfel ist ein annähernd kugelförmiges Gebilde, dessen Hohlraum von einer aus drei Schichten[11] bestehenden Wand begrenzt wird. Die äusserste Schichte ist eine bläulichweise, sehr feste und zähe Haut von ½–1½ mm

Dicke, die harte Augenhaut, Sclerotica.[1] Ihre vordere Wand wird in der Mitte von der kreisförmigen, stärker gewölbten und durchsichtigen Hornhaut gebildet.

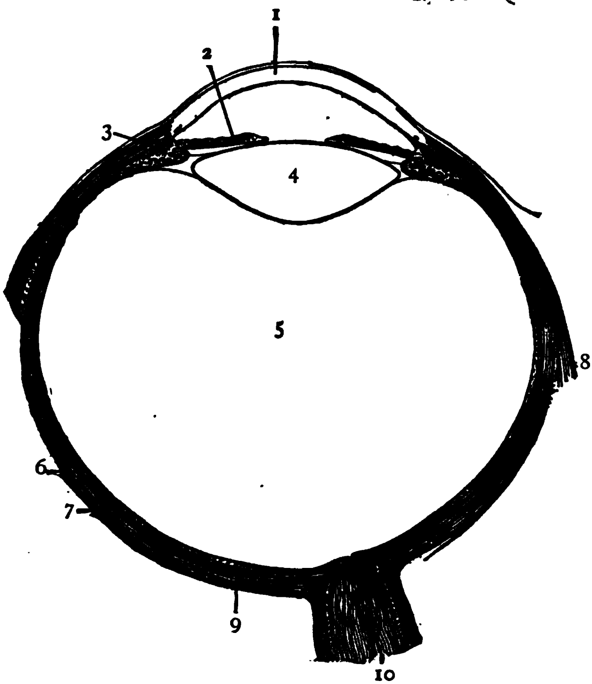


Fig. 54. — 1. Hornhaut. 2. Regenbogenhaut. 3. Strahlenkranz. 4. Linse. 5. Glaskörper. 6. Netzhaut. 7. Aderhaut. 8. Innerer gerader Muskel. 9. Sclerotica. 10. Sehnerv.

Auf der Rückwand, etwas nach unten und innen von der Mitte, durchbricht der Sehnerv[2] die harte Augenhaut.

Die zweite Schichte ist die schwarzgefärbte Aderhaut, Chorioidea,[3] eine sehr dünne, von vielen Adern durchsetzte Haut, die in der Nähe der Hornhaut nahezu senkrecht herabhängt und vorn die Regenbogenhaut,[4] hinten den

Strahlenkranz[1] bildet. Die Regenbogenhaut, Iris, ist derber als die übrige Aderhaut, braun, grau oder blau gefärbt, und in der Mitte kreisförmig durchbohrt (Pupille). In ihrem Innern liegen zwei Schichten von glatten Muskeln, ringförmige zum Verkleinern, strahlenförmige[2] zum Erweitern der Pupille. Nahe dem Rand der Iris entspringt auf deren Hinterseite ein in kurze Zacken[3] sich auflösender Hautring, der Strahlenkranz, der den Rand der Linse[4] umfasst.

An der Trennungsstelle von Strahlenkranz und Regenbogenhaut ist eine Verdickung, welche in ihrem Innern ein ringförmiges Muskelband[5] enthält; dieser Muskel wölbt die Linse und flacht sie ab.

Die innerste Schichte der Augenwand wird von der Ausbreitung des Sehnerven gebildet, der Netzhaut,[6] Retina. Sie breitet sich als sehr dünne, zarte, blassrötlich gefärbte Nervenschichte auf der Aderhaut aus, erstreckt sich aber nach vorn nur bis in die Nähe des Strahlenkranzes, an welchen ihr Vorderrand[7] angewachsen ist. Auf ihr sind zwei Stellen besonders ausgezeichnet: der gelbe und der blinde Fleck. Der erstere heisst auch Sehgrube[8] und ist eine etwas vertiefte Stelle um den Punkt herum, an welchem die Augenaxe (Linie, die durch die Mittelpunkte von Hornhaut und Iris bestimmt ist) die Netzhaut trifft. Der blinde Fleck[9] ist die Eintrittsstelle des Sehnerven; dort finden keine Sehempfindungen statt.

Der Hohlraum des Auges wird durch die Fläche der Iris in zwei ungleich grosse Räume zerlegt; der vordere von beiden, die vordere Augenkammer, liegt zwischen Hornhaut und Iris und wird von der wässrigen Flüssigkeit[10] ausgefüllt. Den Rest des Augenraums nehmen Linse und Glaskörper[11] ein. Der kleine Raum zwischen Regenbogenhaut und Linse heisst hintere Augenkammer.

Die Linse ist ein vom Rand[12] gegen die Mitte an Dicke zunehmender elastischer Körper von kreisförmigem Umfang.

Ihr Durchmesser beträgt 8 mm, die Dicke in der Mitte halb so viel. Trotz der Zusammensetzung aus verschiedenen schalenförmig[1] angeordneten Schichten ist sie völlig durchsichtig. Ihre hintere Wand ist stärker gekrümmt[2] als die vordere. Die Linse steckt in einer feinen, zähen Haut, der Linsenkapsel,[3] welche mit dem Muskelband des Strahlenkranzes in Verbindung steht.

Der ganze Rest des Raums wird von einer weichen, gallertartigen,[4] glashellen, durchsichtigen Masse, dem Glaskörper, ausgefüllt.

Die Verbindung der Augen mit dem Gehirn besorgen die zwei Sehnerven. Sie entspringen im Gehirn und kreuzen sich ausserhalb desselben, so dass der rechts entspringende Nerv in das linke Auge eintritt und umgekehrt; an der Kreuzungsstelle[5] sind sie miteinander verwachsen.[6] Im Auge angekommen, lösen sie sich sofort zur Netzhaut auf.

Die Ernährung des innern Auges geschieht vornehmlich[7] durch die Blutgefässe der Aderhaut und der Netzhaut. Linse und Glaskörper enthalten keine Blutgefässe.

Die knöcherne Umrahmung[8] des Auges, die Augenlider und der Thränenapparat stellen ein System von äussern Schutzeinrichtungen[9] des Auges dar. Die harte Augenhaut dient als Anheftungsstelle[10] der Augenmuskeln und als Schutz für die innern Teile des Auges, während die Hornhaut dem Licht den Eintritt ins Auge gestattet. Die Regenbogenhaut reguliert die ins Auge eindringende Lichtmenge: sie bewegt sich auf[11] Lichtreiz so, dass eine Vermehrung der einfallenden Lichtmenge die Ringfasern zur Verkleinerung der Pupille, eine Verminderung derselben die strahlenförmigen Fasern zur Vergrösserung der Pupille veranlasst. Die Bewegungen der Iris sind langsam; eine starke Verengerung der Pupille braucht über eine halbe Sekunde.

Hornhaut, wässerige Flüssigkeit, Glaskörper und vor allem die Linse brechen[12] und leiten die einfallenden Lichtstrahlen

so, dass auf der Netzhaut ein wirkliches Bild des angeschauten Gegenstandes entsteht. Das Empfinden dieses Bilds ist das Sehen. Die Netzhautbilder sind verkehrt und verkleinert. Das Auge sieht nur dann scharf, wenn diese Bilder genau auf der Netzhaut zustande kommen. Alle diesseits oder jenseits der Netzhaut liegenden Bilder werden nur verschwommen[1] gesehen. Dabei wird das Auge so gestellt, dass das Bild des angeschauten Punktes stets auf die Sehgrube zu liegen kommt.

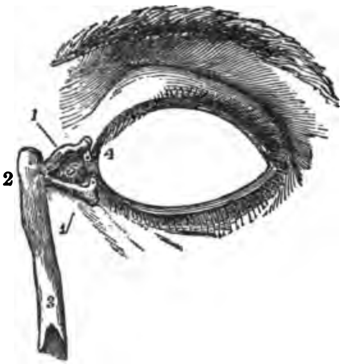


Fig. 55. — Vorderteil der linken Augenlider mit den Thränenkanälen und Nasenröhren. 1, 1. Thränenkanäle. 2. Thränensack. 3. Unterer Teil der Nasenröhre. 5. Fleischiger Vorsprung an der inneren Ecke des Auges; zwischen 4 und 5 stehen zwei Punkte, welche die Öffnungen der Thränenkanäle zeigen.

Die Dauer des Lichteindrucks braucht, um eine Empfindung hervorzurufen, nur sehr kurz zu sein. Schon der elektrische Funken, der nicht ganz 0,000 000 9 Sekunden dauert, wird als Lichtblitz gesehen.

Wären[2] das Auge und seine Teile starr, so könnte der Mensch nur in einer einzigen Entfernung sehen. Thatsächlich aber erstreckt sich das deutliche Sehen nahezu auf jede beliebige Entfernung. Die Veränderungen im Auge beim Einstellen desselben auf nahe und ferne Gegenstände bezeichnet man als Accommodation. Bei völliger Ruhe des Auges ist die Linse flach, die Augenaxen stehen parallel, das Auge blickt nach einem unendlich fernen Punkt. Beim Blick in die Nähe spannen die im Strahlenkranz liegenden Muskeln die Linsenkapsel. Diese überträgt den Druck auf die Linse selbst, schiebt die ganze Linse um

ein weniges nach vorn, wobei die vordere Fläche sich stärker wölbt und zwar entsprechend dem auf die Linse ausgeübten Druck. Dieser wird um so stärker, je näher der zu betrachtende Gegenstand ist. Beim Sehen in die Ferne lässt die Spannung nach, worauf die Linse wieder flacher wird. Das normale Auge ist imstande, von der unendlichen Ferne bis auf 15 cm vom Auge weg deutlich zu sehen. Schon vom 15. Jahre an nimmt in der Regel infolge des Härterwerdens[1] der Linse die Fähigkeit des Accommodierens für die Nähe ab.

Mit den Verhältnissen der Accommodation hängen die zwei häufigsten Fehler des Auges zusammen: Kurz- und Fernsichtigkeit. Bei der erstern liegen die Bilder ferner Gegenstände nicht mehr auf, sondern etwas vor der Netzhaut; bei der letztern würden die Bilder naher Gegenstände erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen. In beiden Fällen kann der Grund ein zwiefacher sein: zu kurzer Bau des Augapfels, oder Unvermögen[2] der Linse, sich bis zur äussersten Grenze zu wölben, machen das Auge fernsichtig; zu grosse Länge des Augapfels, oder Unfähigkeit der Linse, sich bis zur Grenze abzuflachen, sind die Gründe der Kurzsichtigkeit. Ein kurzsichtiges Auge erhält eine Konkavbrille, ein fernsichtiges eine Konvexbrille. Die erste schiebt die Bilder weiter zurück und zwar mit Hilfe der Accommodation auf die Netzhaut; die letztere rückt die Bilder nach vorn, wiederum auf die Netzhaut.

Jedes der zwei Augen liefert ein Bild des angeschauten Gegenstandes; thatsächlich aber sehen wir denselben nur einmal; die Bilder beider Augen verschmelzen[3] in eines. Und zwar kommen zunächst die Bilder der Punkte zur Vereinigung, die wir ansehen (diese Bilder liegen auf der Sehgrube), dann aber auch noch ein gewisser Raum nach oben und unten, nach der Seite und nach der Tiefe vorwärts und rückwärts von diesem Punkt. Die Gesamtheit aller dieser einfach gesehenen Punkte heisst Horopter.[4]

Denkt man sich durch eine Parallelverschiebung[1] beide Netzhautflächen aufeinander gelegt, so nennt man je zwei sich deckende Punkte der beiden Netzhäute identische

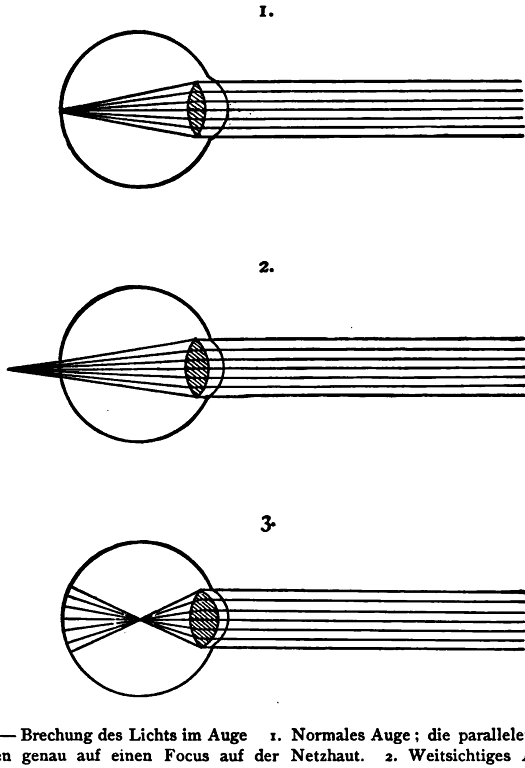


FIG. 56. — Brechung des Lichts im Auge 1. Normales Auge; die parallelen Strahlen gehen genau auf einen Focus auf der Netzhaut. 2. Weitsichtiges Auge; die Strahlen haben den Focus hinter der Netzhaut. 3. Kurzsichtiges Auge; die Strahlen haben den Focus vor der Netzhaut.

Punkte. Nun werden Bilder, welche auf identische Punkte der beiden Augen fallen, einfach gesehen, während Bilder, deren Teile auf nicht identische Punkte fallen, doppelt

erscheinen. Jedenfalls aber wirkt[1] die Erfahrung, dass derartige Bilder von einem einzigen Gegenstand herrühren, bei deren Vereinigung mit.[1] Denn auch Schielende,[2] bei denen die Bilder eines angeschauten Gegenstandes nicht auf identische Punkte fallen können, sehen die Dinge einfach.

Die zwei von den beiden Augen gelieferten Bilder eines Gegenstands sind aber nicht gleich, das rechte Auge zeigt etwas mehr von der rechten, das linke etwas mehr von der linken Seite desselben. Ihre Vereinigung zeigt also mehr, als ein Auge für sich allein sehen lässt, und dieses Mehr erweckt den Eindruck des Körperlichen (stereoskopisches Sehen[3]), während beim Sehen mit einem Auge die Gegenstände alle flächenhaft in eine Ebene gerückt erscheinen.

Die Bilder der Gegenstände, die dies- und jenseits des Horopters liegen, kommen nicht mehr zur Vereinigung, sollten also eigentlich als Doppelbilder gesehen werden. Dies geschieht auch; aber durch die Erfahrung belehrt, haben wir uns gewöhnt, eines der beiden Bilder zu vernachlässigen. Diese Vernachlässigung wird noch dadurch erleichtert, dass die Aufmerksamkeit sich auf den Punkt richtet, der angeschaut wird. Dessen Bild fällt auf den gelben Fleck; Bilder aber, die auf andere Stellen des Auges fallen, erscheinen in Form und Farbe weniger genau.

Das Auge belehrt uns über Form, Farbe, Grösse und Entfernung der Gegenstände. Die Vorstellung von der *Form* erhalten wir unmittelbar durch die Umrisse des Netzhautbildes mit Berücksichtigung der durch die Vereinigung der beiden Bilder zum Ausdruck kommenden stereoskopischen Verhältnisse. Die Empfindung der *Farben* hängt mit dem feinern Bau der Netzhaut zusammen. Dabei ist zu bemerken, dass Weiss und Schwarz keine Farbenempfindungen sind. *Weiss* ist im physikalischen Sinne im Gegensatz zu *Schwarz* ebenso wenig wie dieses

eine Farbe, sondern der Effekt aller reflektierten Lichtstrahlen. Mit dem Namen des weissen Lichts bezeichnet man daher auch das farblose Sonnenlicht, das aus einer unendlich grossen Anzahl verschiedener Farben zusammengesetzt ist. Gänzlicher oder teilweiser Mangel an Empfindung für Farben wird als Farbenblindheit bezeichnet. Die scheinbare Grösse eines Gegenstandes hängt von der Grösse des Netzhautbildes ab, und diese wieder vom Sehwinkel.[1] Unter Sehwinkel versteht man den Winkel zweier Linien, die man sich von einem bestimmten Punkt der Linse, dem Knotenpunkt,[2] nach den äussersten Grenzpunkten eines Gegenstandes gezogen denkt.

Alle Gegenstände, welche von dem Auge unter dem gleichen Sehwinkel gesehen werden, erscheinen gleich gross. Die Erfahrung, Vergleichung mit Gegenständen von bekannter Grösse, Beobachtung der Entfernung belehren uns dann über die wahre Grösse.

Bei zu kleinem Sehwinkel sind die Gegenstände nicht mehr erkennbar,[3] wenn sie entweder an sich zu klein oder zu weit entfernt sind. Dies ist der Fall, wenn der Sehwinkel kleiner ist als etwa 1°. Künstliche Hilfsmittel können ihn vergrössern. Dies geschieht für zu kleine Gegenstände durch das Mikroskop, für weit entfernte Gegenstände durch das Fernrohr. In beiden Fällen werden sie dann sichtbar. Die so gewonnenen Eindrücke von der Grösse wirken[4] mit bei der Vorstellung von der Entfernung eines Gegenstandes, wobei[5] noch sonstige Erfahrungen, auch äussere Einflüsse mitspielen. Einen wichtigen Einfluss auf das Urteil übt auch die Grösse der Accommodation, da die Anstrengung des Accommodierens um so[6] grösser ist, je näher der Gegenstand ist.

Das Schätzen[7] von Strecken und Entfernungen ist eine Bethätigung[8] des Muskelsinns; indem wir unsern Blick der abzuschätzenden[9] Länge entlang gleiten lassen, giebt

der dazu notwendige Aufwand von Muskelarbeit die Vorstellung der betreffenden[1] Grösse.

Sehr starke Lichteindrücke, also Eindrücke von grosser Helligkeit[2] oder von längerer Dauer, rufen eigentümliche Kontrastwirkungen hervor, die man Nachbilder nennt. Ein Blick in die Sonne bewirkt die Erscheinung eines minutenlang dauernden Bildes der Sonne, das fortwährend seine Farbe wechselt. Ein längeres unverwandtes[3] Betrachten des hellen Himmels durch das Fenster erzeugt ein Nachbild, in welchem das dunkle Fensterkreuz[4] hell, der helle Himmel dunkel erscheint. Die in einem leichten Bogen hängenden Telegraphendrähte scheinen beim raschen Vorbeifahren eines Eisenbahnwagens sich zu heben und zu senken.

Eine andere Sehtäuschung[5] beruht darin, dass helle Gegenstände auf dunkelm Grund grösser, dunkle Gegenstände auf hellem Grund kleiner erscheinen, als sie wirklich sind. Ein mit gleich grossen weissen und schwarzen Linien oder Quadraten bedruckter[6] Stoff erscheint hell.

Besonders bei geminderter Aufmerksamkeit oder grosser Ermüdung ist das Auge manchen Täuschungen unterworfen. Wenn die Wolken rasch am Himmel hinziehen, scheint wohl der Mond sich zu bewegen, während die Wolken still stehen. Blickt man von einer Brücke in rasch strömendes Wasser, so hat man oft, besonders wenn noch Gegenstände auf dem Wasser schwimmen, wie Schiffe, Eisschollen,[7] die Empfindung, dass die Brücke in rascher Bewegung ist. Diese Täuschung kann so lebhaft werden, dass sie Schwindel[8] hervorruft.

Auch sonst unterliegt das Auge, besonders bei starken Kontrasten, vielfachen Täuschungen hinsichtlich[9] Form, Richtung, Farbe, Grösse.

III.

Ernährung.

Der Mensch ist seinem ganzen Bau nach, vor allem nach dem Bau der Zähne, des Magens und Darms darauf angewiesen,[1] seine Nahrungsmittel aus Tier- und Pflanzenreich zu beziehen.[2] Zur Erhaltung des Körpers braucht er vor allem die folgenden fünf Stoffe,[3] von denen keiner längere Zeit fehlen darf, ohne dass das Wohlbefinden auf's schwerste gestört wird :

1. *Wasser* : täglicher Bedarf 2700–2800 gr. Den grössten Teil dieser Menge enthalten die Speisen.
2. *Salze* verschiedener Art : enthalten ebenfalls die verschiedenen Nahrungsmittel.[4]
3. *Eiweiss*[5]: entweder aus Fleisch- oder Pflanzenkost.
4. *Fett* : ebenfalls entweder aus Fleisch- oder Pflanzenkost.
5. *Kohlehydrate*[6]: Stärke, Zucker.

Der jeweilige Bedarf, besonders an den drei letzten Stoffen, wechselt nach Umständen. So braucht z. B. ein Erwachsener in 24 Stunden

	in der Ruhe	mässig arbeitend	stark arbeitend
Eiweissstoffe .	70.87 gr	130 gr	155.92 gr
Fette	28.35 "	84 "	90.87 "
Kohlenhydrate	340.20 "	404 "	567.50 "

Es giebt ausser der Milch kein *Nahrungsmittel*, welches alle diese Stoffe und in *der* Zusammensetzung enthält, wie sie der Körper verlangt. Die Nahrungsmittel müssen daher gemischt werden. Aus der grossen Reihe derselben seien[7] die wichtigsten erwähnt und in ihnen diejenigen Stoffe, die ihren Nahrungswert ausmachen.

Fleisch : enthält Wasser, Salze, Eiweisskörper, Leim,[8] Fett.

Milch: enthält Wasser, sehr viele Salze, Eiweiss, Fett, Zucker.

Eier: enthalten Eiweisskörper, Fett, Zucker.

Getreidekörner[1]: enthalten Pflanzeneiweiss, Stärke, ebenso die *Hülsenfrüchte*.[2]

Kartoffeln: sind arm an Eiweiss, reich an Stärke.

Obst: enthält Zucker, Salze und viele Säuren.

Gemüse (grüne Pflanzenteile): sind ebenfalls arm an Eiweiss, enthalten dagegen Stärke, Zucker, Salze.

Ausser den Nahrungsmitteln sind für die Verdauung auch noch Reizmittel[3] nötig, von denen das *Kochsalz* das wichtigste ist; dahin gehören auch die Gewürze[4] und manche Getränke.

Von den *Getränken* ist weitaus das wichtigste das *Wasser*. Von den übrigen ist ein Nahrungsmittel die *Milch*, die übrigen sind blosse Genussmittel.[5] *Kaffee* und *Thee* wirken unmittelbar auf die Nerven; die gegorenen[6] Getränke, *Bier*, *Wein*, *Branntwein*, üben einigen Einfluss auf die Verdauung, in grössern Mengen genossen berauschen sie (im Verhältnis des in ihnen enthaltenen Weingeists).

IV.

Die Körperwärme.

Der Körper besitzt ein gewisses Mass von eigener Wärme, das gewöhnlich im Mittel auf 37½° C. angegeben wird. Doch ändert sich die Temperatur mit dem Alter, ebenso ist sie an den verschiedenen Körperteilen verschieden. Im allgemeinen sinkt sie mit zunehmendem Alter, so dass sie zwischen dem 5. und 9. Lebensjahr durchschnittlich 37.7° beträgt, während sie zwischen dem 50. und 60. Jahr bis auf 36.8° gesunken ist. Bei noch höherem Lebensalter steigt sie wieder etwas.

Am niedrigsten ist die Temperatur der Haut an den Fusssohlen, dort beträgt sie nur 32.3°, an dem[1] Kniegelenk 35°, in der Achselhöhle[2] dagegen etwa 37.5°. Im Innern des Körpers beträgt die Wärme in der Mundhöhle 37.2°, im Blut 37.2°–39.7° C.

Die Quellen der Körperwärme sind teils chemische, teils physikalische Vorgänge.

1. Der durch die Lungen ins Blut gelangte Sauerstoff verbrennt mit dem in den Nährstoffen[3] enthaltenen Kohlenstoff zu Kohlensäure. Diese Verbrennung findet nicht in der Lunge, sondern allenthalben in den Geweben des Körpers statt. Auch andere chemische Vorgänge liefern Wärme, wenn auch in geringerem Grad.

2. Jede Arbeit im Körper erzeugt Wärme: so verwandelt sich die Arbeit des Herzens in Wärme; die Bewegungen der Muskeln, die Thätigkeit der Drüsen sind ebensoviele Wärmequellen.

Für die möglichst gleichmässige Verteilung der gebildeten Wärmemenge sorgt das Blut auf seinem Kreislauf.

Die Abgabe von Wärme an die umgebende Luft geschieht im grössten Masse an der Haut, ferner in den der Luft zugänglichen Körperhöhlen, also Mund-, Nasen-, Rachenhöhle,[4] Luftröhre und Lunge. — Gegen zu starke Wärmeabgabe schützt man den Körper durch Kleider.

Erhöhung der gesamten Körperwärme um 6° zieht[5] den Tod nach sich.

Das Thermometer.[1]

"Das Thermometer beschäftigt jedermann, und wenn er schmachtet oder friert, so scheint er in gewissem Sinne beruhigt, wenn er nur sein Leiden nach Réaumur[2] oder Fahrenheit[3] dem Grade nach aussprechen kann."

Diesem Goethe'schen Ausspruche liegt viel Wahres zu Grunde.[4] Es[5] gewährt jedem das Zurückbeziehen[6] gewisser natürlicher Erscheinungen auf einen Vergleichungspunkt eine Genugthuung, die[7] ihn leicht darüber hinwegsetzt, nach den tieferen Ursachen zu forschen.[7] Mit den Angaben des Thermometers ist durchaus keine Erklärung über das Wie und Warum der Erscheinungen, durch die unsere Sinne so bedeutend affiziert werden,[8] verbunden. Wir reden zwar von Wärme, von Hitze und von Kälte, aber können diesen Ausdrücken keine tiefere Bedeutung unterlegen, als eben die oberflächlicher Vergleichung. Was dem einen heiss erscheint, ist dem andern nur warm, und der Übergang von Wärme zu Kälte existiert eben nur in der Einrichtung jener Instrumente, mit denen wir uns der Überschrift[9] zufolge hier beschäftigen wollen. Das Thermometer ist, wie sein dem Griechischen entnommener Name andeutet (*θερμός*, warm, *μέτρον*, das Mass), ein Instrument, bestimmt die Wärme zu messen. Die Erfindung des Thermometers schreibt man gewöhnlich dem Cornelius Drebbel (1638) zu; es scheint jedoch, dass Galilei[10] dasselbe im Jahre 1597 erfunden habe.

Anfertigung der Thermometer. — Die erste und wichtigste Vornahme,[11] welche bei der Anfertigung eines Thermometers

zu treffen ist,[1] ist die Auswahl einer geeigneten Röhre, im Innern durchgängig von gleicher Weite,[2] was der eigentümlichen Herstellungsweise[3] zufolge nur selten der Fall ist. Diese Röhre wird sodann an dem einen Ende zugeschmolzen[4] und hier mit Hilfe der Glasbläserlampe[5] zu einer Kugel aufgeblasen, an dem andern bleibt sie vorderhand[6] offen. Zunächst wird nun durch Erhitzen alle darin etwa[7] noch vorhandene Feuchtigkeit ausgetrieben und darauf das offene Ende in ein Gefäss mit Quecksilber getaucht. Beim Erkalten zieht sich die im Innern der Kugel befindliche Luft auf ein geringeres Volumen zusammen, und der Druck der äussern Luft treibt beim Erkalten das Quecksilber in den dadurch entstandenen luftverdünnten Raum. Zwar füllt sich auf diese Weise die Kugel nicht vollständig, aber es ist dies auch nicht notwendig, denn um den letzten Rest Luft herauszutreiben, darf man nur die Röhre umkehren und das Quecksilber in ihr so erhitzen, dass seine Dämpfe den ganzen Raum nach oben hin erfüllen, und nochmals das offene Ende in das Quecksilber halten. Man kann leicht taxieren,[8] wie viel man Quecksilber eintreten lassen muss, um die Skala bequem anbringen[9] zu können. Etwas weniges[10] mehr schadet nicht, denn man verjagt diesen Überschuss durch Erhitzen und schmilzt,[11] wenn zum offenen Ende der Röhre die Quecksilberdämpfe heraustreten, dieses zu,[11] sicher nun, keine atmosphärische Luft mehr im Innern zu haben. Beim Erkalten verdichtet sich das Quecksilber, es zieht sich in die Kugel zurück und lässt über sich in der Röhre einen luftleeren Raum,[12] in welchen es bei Erhöhung der Temperatur hinaufsteigt, bei Erniedrigung derselben wieder herabsinkt. Die solchergestalt[13] vorbereitete Thermometerröhre setzt man nun, um die beiden Hauptpunkte der Skala zu finden, zunächst in ein Gemisch von Wasser und Eis (siehe Fig. 57) und lässt sie hier so lange, bis der Quecksilberfaden[14] in der Röhre sich unverrückbar ein-

gestellt hat. Man bezeichnet diesen Punkt als den Gefrierpunkt (o°). Darauf setzt man die Röhre einige Zeit der Einwirkung kochend heisser Dämpfe aus und merkt den Stand des Quecksilbers als den Siedepunkt an (siehe Fig. 58). Den Raum zwischen Gefrierpunkt oder Schmelzpunkt des Eises und dem Siedepunkt des Wassers teilt man in gleiche Teile, und zwar nach Celsius[1] in 100, nach Réaumur dagegen in 80 Teile oder Grade, so dass also,

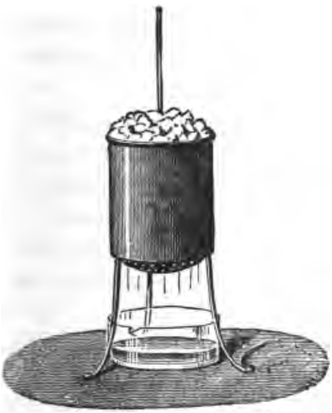


Fig. 57.
Bestimmung des Nullpunktes der Thermometerskala.

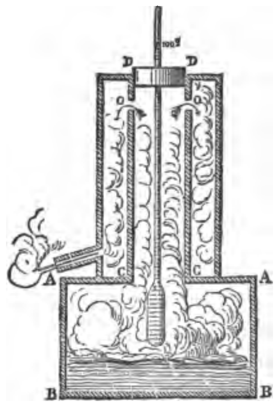


Fig. 58.
Bestimmung des Siedepunktes der Thermometerskala.

wenn man den Gefrierpunkt mit o bezeichnet, der Siedepunkt bei Réaumur durch den 80sten, bei Celsius durch den 100sten Grad bestimmt wird. Nach diesen Einteilungen sind also 4 Grad Réaumur = 5 Grad Celsius, und man kann mit Zugrundelegung[2] dieses Verhältnisses jede Angabe auf das Entsprechende nach der andern Einteilung durch ein einfaches Regeldetri[3]-Exempel reduzieren.

Etwas umständlicher ist die Fahrenheit'sche Einteilung, welche vorzugsweise in England, Holland und Nordamerika

in Gebrauch ist. Fahrenheit nämlich nahm den tiefsten oder Nullpunkt des Thermometers nicht bei dem Gefrierpunkt des Wassers, sondern bei der seiner Meinung nach niedrigsten Temperatur an, welche er durch eine besondere Kältemischung erhielt. Er teilte von diesem Punkte bis zum Siedepunkte des Wassers den Abstand der Röhre in 212 Teile; der Gefrierpunkt fiel auf den 32. Grad, und es entsprachen somit die 80 Grade Réaumur oder die 100 Grade Celsius den 180 Graden Fahrenheit, welche übrig bleiben, wenn man von 212° 32° abzieht. Das Verhältnis der Gradunterschiede zwischen Réaumur, Celsius und Fahrenheit ist sonach durch die Zahlen 4 : 5 : 9 ausgedrückt.

Die Fassung[1] des Thermometers kann nach verschiedenen Zwecken sehr mannigfach abgeändert werden. Solche Instrumente, die zur Untersuchung von Flüssigkeiten dienen sollen, werden in gläserne oben zugeschmolzene[2] Röhren eingeschlossen, in denen die Skala, wenn sie nicht direkt auf das Glas geätzt[3] ist, auf Papier verzeichnet mit eingeschlossen ist.[4]

Die besten Thermometer sind, wie alle genauen physikalischen Apparate, ziemlich kostspielige Instrumente, nicht sowohl weil ihre Anfertigung, abgesehen[5] von der äussersten Sorgfalt und Genauigkeit, so grosse Schwierigkeiten böte,[6] sondern weil die Prüfung und Auswahl der Röhren eine sehr mühsame und zeitraubende[7] Arbeit ist und Röhren von durchgängig gleicher Beschaffenheit, die in ihrer ganzen Länge Cylinder von derselben gleichbleibenden Weite vorstellen, zu den grössten Seltenheiten gehören, deren Anfertigung man nicht beliebig[8] in der Hand hat. Mit den Jahren ändern sich auch die Instrumente, indem das Glas zwar langsam, aber lange Zeit hindurch sich noch zusammenzieht und dadurch der Nullpunkt und mit ihm alle übrigen Grade der Quecksilbersäule höher rücken. Bei genauen Beobachtungen müssen diese Umstände berücksichtigt, die

Fehler in der Rechnung korrigiert, vor allem aber von Zeit zu Zeit die Instrumente wieder in schmelzendem Eis und kochendem Wasser auf ihre Beständigkeit geprüft werden. Der Preis eines Normalthermometers erreicht leicht die Höhe von 90 und mehr Mark, während ein gewöhnliches Instrument schon für 1 Mark zu kaufen[1] ist. Ein gutes Thermometer mit sorgfältig ermittelter Skala kann dann zur Regulierung für andere dienen. Die Grenzen für die Thermometerskalen sind je nach der Bestimmung des Instruments engere oder weitere. Während Thermometer für den Hausbedarf z. B. den Siedepunkt des Wassers eben so gut wie die strengste Winterkälte anzugeben im Stande sein müssen, brauchen die Skalen derjenigen Thermometer, deren sich die Ärzte zur Bestimmung der Wärme des menschlichen Körpers bedienen, nur wenige Grade über und unter dem Punkte der Mitteltemperatur zu umfassen. Das Quecksilber ist im Allgemeinen dem Weingeist und andern Flüssigkeiten zur Verfertigung des Thermometers vorzuziehen, weil es einen sehr tiefen Gefrierpunkt (— 39.5° C.) und einen sehr hohen Siedepunkt (+ 360° C.) hat, mithin innerhalb weiter Temperaturgrenzen seine Anzeigen geben kann, und sich zwischen dem Frost- und Siedepunkte des Wassers sehr nahe gleichmässig ausdehnt. Diese Gleichförmigkeit erstreckt sich jedoch nicht in gleicher Weise über 100° hinaus, sodass das Quecksilberthermometer von da an um so mehr zu hohe Anzeigen gibt, je näher das Quecksilber dem Sieden kommt. Zu Beobachtungen bei grösserer Kälte empfehlen sich Weingeistthermometer, namentlich wenn sich dieselbe dem Gefrierpunkte des Quecksilbers nähert oder denselben gar überschreitet.

Um mittels des Thermometers den Wärmegrad eines Körpers zu prüfen, ist es nötig, dass derselbe die Kugel und einen Teil des Rohres möglichst genau und hinreichend lange umgebe, bis das Quecksilber nicht mehr steigt oder

fällt. Auch darf keine andere Wärmequelle störend einwirken, daher bei feineren Prüfungen schon[1] die Hand nicht zu nahe gebracht werden darf. Um die Luftwärme zu erfahren, setzt man das Instrument in den Schatten, jedoch an keinen zugigen[2] Ort.

Für gewisse Zwecke der Beobachtung hat man Thermometer verschiedentlich selbstregistrierend gemacht, namentlich sie so eingerichtet, dass sich später noch ersehen lässt, welchen tiefsten oder höchsten Stand sie seit der letzten Beobachtung gehabt haben. Man nennt dieselben Maximum- und Minimumthermometer, auch wohl Tag- und

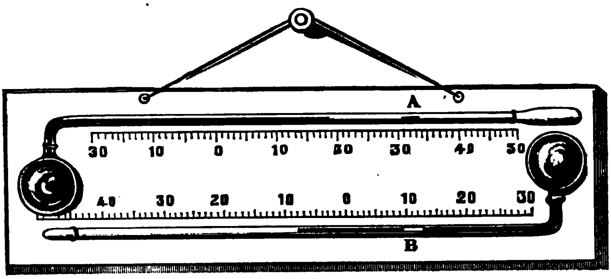


FIG. 59. — Maximum- oder Minimumthermometer.

Nachtthermometer. Das bekannteste derartige[3] Instrument ist das Rutherford'sche (Fig. 59). Zwei liegende[4] Thermometer sind auf einem Brettchen oder einem rechtwinkeligen Stück Spiegelglas befestigt, das eine davon mit Quecksilberfüllung für hohe, das andere mit Weingeistfüllung[5] für niedrige Temperaturen. In dem ersteren, *A*, liegt ein kleiner schwarzer, eiserner Cylinder, welchen das Quecksilber bei seiner Ausdehnung vor sich herschiebt,[6] beim Zurückgehen[7] aber liegen lässt; es[8] bleibt somit der höchste Stand des Quecksilbers markiert (in der Figur ist er 31°), bis man mittels eines Magnets das kleine eiserne Merkzeichen[9] wieder an das Quecksilber herangeführt hat.

In dem Weingeistthermometer, *B*, liegt ein hohles, weisses Glasröhrchen, das als Zeiger[1] dient. So lange dieser Zeiger rundum von Weingeist umgeben ist, bleibt er liegen,[2] wenn dieser vorwärtsdringt. Zieht sich aber die Flüssigkeit weiter zurück, als der Zeiger ursprünglich lag, so wird dieser mitgenommen, bis sie die grösste Zusammenziehung erreicht hat. Der Punkt, wo das Glaskörperchen dann liegen geblieben ist, zeigt die inzwischen eingetretene[3] niedrigste Temperatur. (In der Figur ist sie 9½ Grad unter Null.)

Der Umstand, dass nicht alle Metalle gleichmässig, sondern das eine mehr, das andere weniger durch Hitze und Kälte ausgedehnt und zusammengezogen werden, hat auf die Konstruktion der Metallthermometer geführt. Der leitende Grundsatz hiebei ist der, dass, wenn verschiedene Metalle der Länge nach mit einander vereinigt, z. B. zusammengeschraubt[4] oder verlötet werden, das so gebildete Ganze nicht immer dieselbe Form behalten kann, sondern sich bei Temperaturveränderungen werfen[5] oder verziehen muss. Hat man z. B. einen Zink- und einen Kupferstab[6] bei mittlerer Temperatur zu einer geraden Stange vereinigt, so wird dieselbe bei steigender Temperatur krumm, und zwar derart, dass das Zink, welches sich mehr ausdehnen will, auf die äussere Seite des Bogens zu liegen kommt. Das Umgekehrte findet in der Kälte statt, wo das Zink kürzer wird als das Kupfer.

Breguet, ein pariser Uhrmacher, erfand einen Metallthermometer; dieser besteht aus einem spiralförmig gewundenen[7] Metallband, das mit seinem obern Ende an einem Träger[8] festgemacht ist und übrigens[9] frei herabhängt. Der Metallstreifen ist aus drei vereinigten Schichten von Silber, Gold und Platina zusammengesetzt; die mittlere, Gold, ist nur zur Zusammenlötung[10] der beiden äussern da. Silber und Platin werden von Wärme und Kälte sehr ungleich affiziert, und es lässt sich daher denken, dass das freie

untere Ende der Spirale nicht immer an seiner Stelle bleibt, sondern bald mehr, bald weniger sich auf- oder zudreht. Diese Drehungen nun werden auf eine lange Nadel übertragen, welche als Weiser[1] an einem Gradbogen dient. Wenn man dem Zeiger eine grosse Länge giebt, so kann man schon eine aus zwei verschiedenen Metallen der Länge nach zusammengelötete Stange benutzen, um geringe Temperaturdifferenzen weithin, etwa von einem Turme aus, durch ein Zifferblatt[2] sichtbar zu machen.

Der Kompass.[1]

Es giebt in der Natur einen schwärzlichen, unscheinbaren Stein, dessen Eigenschaften wertvollere sind als die des kostbarsten Diamanten. Derselbe schmückt weder, noch kann man seine Substanz zu etwas anderem verarbeiten als etwa zu einem Stückchen Eisen; der Nutzen, den er gewährt, muss daher in einem ganz besondern Verhalten liegen. In der That, man erkennt sogleich, wenn man ein solches Mineral durch eine Schachtel mit Eisenfeilspänen[2] zieht, dass in demselben eigentümliche Kräfte wirkend sein müssen, denn von den Feilspänen sind ganze Partien an dem Steine haften geblieben[3] und haben sich bartähnlich[4] an seiner Aussenfläche, vorzugsweise in grosser Menge aber an zwei entgegengesetzt gelegenen Punkten, gruppiert. Und wenn wir den Stein in ein auf dem Wasser schwimmendes Schiffchen legen, so mögen wir den Kiel desselben nach einer Himmelsgegend stellen, nach welcher wir wollen, immer wird es sich wieder drehen und nach einer ganz bestimmten Richtung zeigen, so dass ein gewisser Punkt des Steines immer dem Nordpol, ein anderer dem Südpol zu gerichtet ist. Und diese beiden merkwürdigen Punkte, die man darum selbst mit dem Namen Nordpol und Südpol entsprechend bezeichnet, sind gerade jene, an denen sich die Eisenfeilspäne so besonders reichlich[5] angesetzt hatten.

Wir brauchen es nicht erst noch auszusprechen, dass dieser Stein das unter dem Namen Magnet oder Magnetstein[6] bekannte Mineral ist, dessen wundervolle Eigen-

schaft, wie der Faden der Ariadne,[1] dem Schiffer den Weg zeigt in Nacht und Nebel auf der unbegrenzten Meeresfläche und ihn mit einer Sicherheit führt, als befände er sich auf einer gebahnten Strasse.

Der Magnet ist ein Eisenerz, er besteht aus Eisenoxyd-Oxydul,[2] einer Verbindung, die sich von dem gewöhnlichen Eisenroste nur durch einen etwas geringern Gehalt an Sauerstoff unterscheidet. Er hat, nach der Meinung einiger Personen, seinen Namen von der lydischen Stadt Magnesia, in deren Nähe er in Bergwerken gefunden wurde; ausserdem hiess er auch lydischer Stein, Stein des Herkules u. s. w., und diente den Priestern der Alten schon, um ihren mysteriösen Gebräuchen ein höheres, geheimnisvolles Ansehen zu geben.

Lucrez[3] erzählt von eisernen Ringen, die, an der Decke der Tempel aufgehangen, einer den andern trugen, lediglich durch die Anziehung, welche sie an den Berührungsstellen auf einander ausübten. Man kannte die Wirkung des Magnets durch eherne[4] Schalen, und die Bangigkeit unerfahrener Zeiten übertrieb diese Wirkung in die Ferne so, dass man von grossen Magnetfelsen im Ozean fabelte, welche von weitem schon alles Eisen an sich zögen[5] und die Schiffe unaufhaltsam von ihrem Wege ablenken müssten, noch ehe man die Nähe der gefährlichen Klippe durch etwas anderes ahnen könne. Dergleichen Mythen erhielten sich zum grossen Nachteil der Seefahrer lange Zeit, und wir dürfen es als ein eigentümliches Zeichen ansehen, dass gerade dieselbe Kraft, welche man für so gefahrbringend ansah, durch eine später erkannte Äusserungsweise[6] den Mut zur Durchschiffung des unbekannten Weltmeeres belebte.

In Europa scheint man im Altertume nur die Tragkraft des Magneten bewundert zu haben; hätte[7] man seine eigentümliche Richtkraft gekannt, so lag die Anwendbarkeit der-

selben als Führer bei Land- und Seereisen so nahe,[1] dass sie kaum übersehen worden wäre. Die Chinesen dagegen hatten, wie es scheint, schon tausend und mehr Jahre vor unserer Zeitrechnung kleine magnetische Wagen, welche ihnen den Weg durch die unermesslichen Steppen der Tatarei[2] zeigten, denn ein darauf angebrachtes Männchen wies immer mit dem ausgestreckten Arme nach Süden. Im dritten Jahrhundert nach Christo bedienten sich die Chinesen schon einer an einem Seidenfaden aufgehängten Magnetnadel. Im Abendlande und wahrscheinlich zuerst bei den seefahrenden Nationen des Nordens hing man den Stein selbst an einem Faden auf oder man legte ihn auf ein Brettchen und liess ihn auf ruhigem Wasser schwimmen.[3] In dem altfranzösischen Roman von der Rose, der 1180 geschrieben worden ist, wird[4] des Magnetes unter dem Namen Marinette gedacht, was auf Beziehung zur Schifffahrt schliessen lässt.[5] Die eigentliche Erfindung dieser Anwendung schreibt man — obgleich einige sagen, Marco Polo[6] habe den Gebrauch von den Chinesen erlernt,[7] — obwohl mit Unrecht, einem gewissen Flavio Gioja aus dem Neapolitanischen zu, der um 1300 lebte. Weil der Magnet den Reisenden leitete, hiess er bei den nordischen Völkern Leitstein oder Leitarstein,[8] und es ist wahrscheinlich, dass sehr frühzeitig schon Magnete in Norwegen und Schweden gefunden wurden, denn ihr Vorkommen ist durchaus nicht an die lydischen Bergwerke gebunden[9]; man trifft sie in grosser Menge in Lagern und Stöcken[10] bei Dannemora,[11] Arendal, in Sibirien, England, im Harz u. s. w., wo der Magneteisenstein, der aber freilich nicht durchgängig alle die bemerkten Eigenschaften in gleich hohem Grade hat, als das beste Erz zur Gewinnung von Eisen verarbeitet wird.

Die natürlichen Magnete sollen[12] ihre Kraft erst bekommen, wenn sie aus der Erde in die freie Luft kommen. Man

kann sie in ihrer Wirkung, namentlich in ihrer Tragfähigkeit, sehr bedeutend verstärken, wenn man ihre beiden Polseiten mit eisernen Schienen[1] bekleidet, welche in zwei dickere, einander nahe stehende Enden auslaufen.[2] Diese beiden Enden verbindet man dann durch einen Eisenstab, den Anker, und ein dergestalt armierter Magnet vermag oft mehr als das zweihundertfache der frühern Last festzuhalten.[3] Obwohl es als Regel gilt, dass jeder Magnet nur zwei Pole, einen Nord- und einen Südpol, und dazwischen eine neutrale Stelle hat, so kommen doch auch Fälle vor, wo mehrere Punkte grösster Anziehung, also mehrere Pole vorhanden sind[4]; es ist dies aber selten und immer eine Folge von Unregelmässigkeiten in der innern Struktur des Steins.

Übrigens erstreckt sich die Anziehung nicht bloss auf Eisen, sondern in geringerem Grade folgen auch Nickel und Kobalt dem Magneten; ja, Faraday[5] und andere haben nachgewiesen, dass der Magnetismus auf alle Körper einen nicht zu verkennenden Einfluss ausübt. Es ist derselbe als eine eigentümlich gerichtete Abstossung zu erkennen und Diamagnetismus genannt worden.[6] Obwohl die Untersuchungen über diesen Gegenstand noch lange nicht geschlossen sind, so lassen sich doch mit absoluter Sicherheit alle jene überschwenglichen[7] Folgerungen, die man aus dergleichen Beobachtungen auf das diamagnetische Verhalten des menschlichen Körpers gezogen hat, und damit alle Geschichten von Mesmerismus, tierischem Magnetismus, Somnambulismus, Od,[8] Tischrücken, Wünschelrute, und was sonst noch mit hineingerechnet[9] worden ist, als das müssige Traumgebäude naturwissenschaftlich ungebildeter[10] Phantasten bezeichnen.

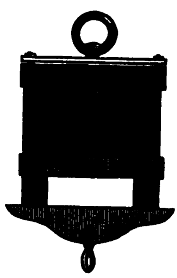


FIG. 60.
Armierung des Magneten.

Künstliche Magnete. — Die magnetischen Eigenschaften lassen sich auch auf künstliche Weise dem Eisen und Stahl mitteilen. Ein Mittel dazu haben wir in den elektrischen Strömen und Ampère[1] hat daraus eine einfache Theorie über das Wesen des Magnetismus abgeleitet. Danach ist derselbe nur eine eigentümliche Erscheinung und Wirkung bewegter Elektricität.[2] Nehmen wir an, dass den magnetischen Körper parallele, geschlossene, d. h. in sich zurücklaufende,[3] elektrische Ströme umkreisen, so können wir alle magnetischen Erscheinungen mit den bekannten Erfahrungen über die Wirkung elektrischer Ströme auf einander erklären. Wenn wir den Magnet mit dem Nordpol auf uns zugerichtet halten, so gehen die Ströme auf der linken Seite herab, auf der rechten herauf; steht der Südpol uns entgegen, so ist es umgekehrt.[4]

Ein Stück Eisen, welches wir in die Nähe des Poles eines starken Magneten bringen, erhält magnetische Eigenschaften. Das ist eine Thatsache. Die Ursache davon ist, dass durch die elektrischen Ströme des Magneten in dem bisher unmagnetischen Eisenstück die entsprechenden Kreisströme erregt werden. Oder wir können von der Voraussetzung ausgehen, dass (eben so wie in jedem Körper elektrisches Gemisch vorhanden ist, welches durch Annäherung eines elektrischen Körpers nur in seine positiven und negativen Bestandteile gesondert wird) auch in dem Eisen schon elektrische Ströme kreisen, aber nach allen möglichen Richtungen und deshalb ohne Wirkung nach aussen, weil sie sich hier neutralisieren, und dass dann diese schon vorhandenen

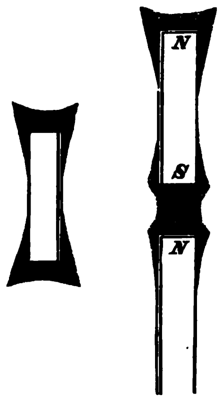


FIG. 61. FIG. 62.
Mitteilung des Magnetismus durch Verteilung.

Ströme durch die Einwirkung der bestimmt gerichteten Ströme des genäherten Magneten sämtlich in parallele Lage gezwungen werden. Es ist dann zugleich selbstverständlich, dass dem Nordpol des ursprünglichen Magneten gegenüber ein Südpol und dem Südpol gegenüber ein Nordpol entsteht, und dass Nordpol und Südpol sich anziehen, die gleichnamigen Pole dagegen sich abstossen, weil in diesen die Ströme eine entgegengesetzte Richtung haben. Diese Erregung des Magnetismus durch Näherung ist gewissermassen mit der Verteilungswirkung der Elektricität zu vergleichen. In den vom Magnet angezogenen Eisenfeilspänen sind auch Ströme erregt worden, und es ist nicht die Substanz des Eisens, welche angezogen wird, sondern eben die Einwirkung der parallel gerichteten Ströme auf einander ist es, welche als gegenseitige Anziehung hervortritt.

Da harter Stahl die so erlangte magnetische Beschaffenheit dauernd behält, so erzeugte man sich künstliche Magnete, indem man Stahlstäbe immer in derselben Richtung mit einem kräftigen, schon vorhandenen, gleichviel ob natürlichen oder künstlichen Magnet bestrich.[1] Jetzt bedient man sich zu diesem Behufe fast ausschliesslich der elektrischen Ströme. Mehrere solcher magnetisierten Stahlstäbe vereinigt man passend zu einem Bündel[2] (einem sogenannten magnetischen Magazin), und gewöhnlich biegt man sie in Form eines Hufeisens zusammen. In demselben müssen die gleichnamigen Pole über einander liegen.

Wir haben noch auf eine Eigentümlichkeit der Magnete hinzuweisen, welche sehr geeignet ist, die Ampère'sche Theorie zu bestätigen. Wenn man nämlich einen stabförmigen Magnet in der Mitte, da wo seine neutrale Region ist, aus einander bricht, so bekommen die abgebrochenen Stücke an der Bruchfläche[3] jedes einen Pol, welche einander entgegengesetzt sind. Dem abgebrochenen Nordpol ordnet[4] sich ein neuer Südpol, dem im andern Stück übriggebliebenen

Südpol ein neuer Nordpol zu, so dass man auf diese Weise zwei gesonderte Magnete erhält. Umgekehrt, wenn man an den Nordpol eines Magneten den Südpol eines andern anlegt, verschwindet hier die magnetische Wirkung, und nur an den beiden Enden bleiben die beiden Pole.

Der Kompass oder die Boussole.[1] — Diese bei weitem bedeutungsvollste Anwendung der magnetischen Erscheinungen ist weiter nichts als eine stählerne Magnetnadel, die sich um ihren Mittelpunkt vollständig frei bewegen kann. Die bestimmte Richtung, welche die Nadel sich selbst überlassen[2] immer einnimmt, dient als Wegweiser bei den verschiedensten Unternehmungen. Nicht nur Seefahrer bedienen sich[3] ihrer, auch Ingenieure bei ihren oberirdischen, Bergleute bei ihren unterirdischen Vermessungen,[4] Geologen zur Bestimmung des Streichens[5] und Fallens der Gebirgsschichten, Landreisende, Astronomen und Physiker machen von ihr Gebrauch, und entsprechend diesen mannigfachen Anwendungen ist auch die Boussole verschieden eingerichtet. Bald ist die Nadel an einem Faden aufgehängt, bald schwingt sie auf einer senkrechten Spitze oder hat sonst welche[6] Stützpunkte. Die einfachste Form ist diejenige, wo die Magnetnadel in der Mitte mit einem entweder aus hartem Stahl oder aus poliertem Achat gefertigten Hütchen[7] versehen ist, welches auf der Spitze eines senkrechten Stiftes[8] sich dreht. Unterhalb der Nadel befindet sich ein eingeteilter[9] Kreis, nach welchem man die Grösse der Abweichung irgend einer Richtung von der Nordlinie bestimmen kann.

Der Schiffskompass ist insofern etwas anders eingerichtet, als hier die geteilte Kreisscheibe, von Papier auf Marienglas[10] oder Glimmer geklebt, mit der Nadel fest vereinigt, sich mit dieser dreht und die Abweichungen durch eine ausserhalb liegende Marke,[11] welche der Längslinie des Schiffes entspricht, bezeichnet werden. Bei den Chinesen hat dieser Kreis eine Einteilung in 24, bei den Japanesen

in 12 Teile, bei unsern Bergleuten, von welchen der Gebrauch auf Ingenieure, Geologen u. s. w. übergegangen ist, eine Teilung in zweimal 12 Abschnitte, Stunden oder *horae* genannt (siehe Fig. 63). Wissenschaftliche Bestimmungen macht man indessen nach der sonst üblichen Kreisteilung in 360 Grade. Die Nadel ist bei den gewöhnlichen Boussolen in einer runden, oben mit einem Glasdeckel versehenen Dose[1] angebracht. Um sie für die Zeit, wo man ihrer Angaben nicht bedarf, in Ruhe zu halten, versieht man sie mit einer Arretierung,[2] welche die Nadel von ihrer Unterlage abhebt.[3]

Nach einer anderen Beschreibung hat der für den Gebrauch der Seefahrer dienende gewöhnliche S c h i f f s k o m p a s s in der Regel folgende Einrichtung: Die Nadel ist mit einer kreisförmigen Papierscheibe bedeckt, welche die Windrose[4] heisst und einen Stern von 32 Strahlen enthält,[5] deren Spitzen die Weltgegenden anzeigen, ausserdem aber am Rande die Teilung von 360 Grad. Der Festigkeit halber ist die Windrose auf ein Stück Marienglas geklebt. Die Befestigung der Rose auf der Nadel muss so gemacht sein, dass der Nordpol der Nadel mit dem Nordpunkte der Windrose übereinstimmt. Wegen der starken Schwankungen des Schiffs ist die Nadel mit einem cylindrischen Gehäuse[6] von Kupfer umgeben, das zwischen zwei Ringen[7] aufgehängt ist, wodurch bewirkt wird, dass sie immer in horizontaler Lage bleibt. Das Gehäuse selbst bewegt sich nämlich mittels zweier daran befestigter Zapfen[8] in einem ersten Ringe, und dieser wieder mittels zweier Zapfen, die in 90° Entfernung von den ersten angebracht sind, in einem zweiten grossen Ringe. Dieser aber ist an den das Ganze umschliessenden viereckigen, hölzernen Kasten befestigt, der oben mit einem Glasdeckel versehen ist. Dieser Kasten liegt in einem noch grösseren das Kompasshaus[9] genannten Kasten. Im

Gehäuse ist in der Richtung nach dem Vorderteile des Schiffs (der Kompass selbst befindet sich allemal beim Steuerruder,[1] wo sich der Steuermann aufhält, also auf dem Hinterteile des Schiffs) ein vertikaler schwarzer Strich[2] angebracht, mit welchem der Steuermann den ihm vorgeschriebenen Strich der Windrose beständig in Berührung halten muss, damit das Schiff nach der jenem Strich entsprechenden Richtung fortgeht, eine Aufgabe, deren richtige Lösung nicht geringe Geschicklichkeit erheischt.[3] Die grossen im Schiffe verteilten Eisenmassen üben auf den Kompass grössere oder geringere Störungen aus; am wirksamsten und nachteiligsten ist in dieser Hinsicht die vertikal stehende Spindel[4] der Ankerwinde. Um ihren Einfluss durch Kompensation aufzuheben, hat man verschiedene Vorrichtungen angegeben.

Erdmagnetismus.[5] — Fragt man nach der Ursache, welche der Magnetnadel ihre Richtung giebt, so wird schon die oberflächlichste Überlegung zeigen, dass dieselbe eine von aussen wirkende sein muss. Denn es kann in einem Körper eine noch so[6] starke Kraft mächtig sein, sie wird denselben nicht bewegen und richten können, wenn ihr nicht auch ausserhalb gewissermassen ein Stützpunkt gegeben ist. Und da wir nun leicht erproben können, dass den Magnet von seiner Richtung nichts abzulenken vermag, als wieder Magnetismus oder, was dasselbe ist, elektrische Ströme, so liegt es nahe,[7] als die Ursache der magnetischen Richtkraft, die wir auf der ganzen Erde und bis in die höchsten Regionen des Luftkreises beobachten können, eine allgemein verbreitete magnetische Beschaffenheit der Erde anzunehmen.

Die Erde verhält sich wie ein grosser Magnet; sie hat zwei Pole, deren einer in der Nähe des Nordpoles, deren anderer in der Nähe des Südpoles liegen muss, denn annähernd fällt auf der ganzen Erdoberfläche die Richtung

der Magnetnadel, der *magnetische Meridian*, mit der Mittagslinie[1] oder dem Erdmeridian zusammen. Vollständig ist die Übereinstimmung durchaus nicht, ja es unterliegen nicht einmal die erdmagnetischen Verhältnisse einer unwandelbaren Beständigkeit. Der Winkel, um welchen die Richtung eines in horizontaler Ebene um eine lotrechte (vertikale) Achse in seinem Schwerpunkte drehbaren Magnetstabs von dem geographischen Meridian abweicht,

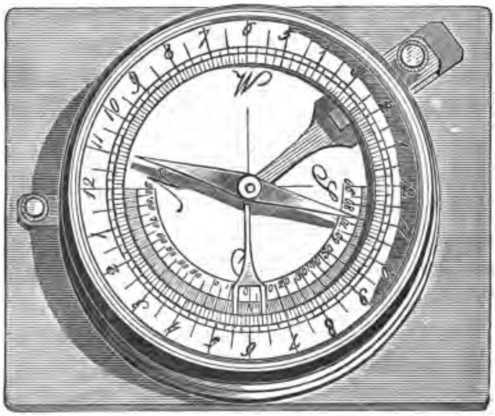


FIG. 63. — Bergmannsboussole.

heisst magnetische *Deklination* oder *Abweichung*. Eine lotrechte Ebene, welche die magnetische Achse eines solchen Magnetstäbchens oder einer solchen Magnetnadel enthält, nennt man den *magnetischen Meridian*.

Die Bestimmung des magnetischen Zustandes der Erde bleibt fortwährend eine der wichtigsten Aufgaben der Physik, denn wir haben es hier mit einer allgemein thätigen Kraft zu thun, deren Einflusssphäre auf die irdischen Verhältnisse wir noch nicht einmal vollständig zu übersehen vermögen. Besonders hervortretende Erscheinungen aber,

wie das Nordlicht, geben uns genügenden Hinweis auf die grosse Bedeutsamkeit, welche dem Magnetismus in den irdischen Zuständen zuzuschreiben ist. Namentlich hat Humboldt[1] in dieser Hinsicht der Sache der Erdkunde unsterbliche Dienste geleistet.[2] Auf seine kräftige Anregung ist über den ganzen Erdraum ein Netz von meteorologischen Stationen gezogen worden, in denen nach einem gemeinsamen Plane zu festgesetzten Stunden die Veränderungen im Luftdruck, Feuchtigkeitsgehalt, in der Temperatur, Windrichtung u. s. w., namentlich aber das magnetische Verhalten unseres Planeten, gemessen und verzeichnet werden, so dass man imstande ist, durch Vereinigung der vereinzelt gemachten Beobachtungen ein genaues Bild über den allgemeinen Zustand der Erde, soweit er von diesen Kraftäusserungen abhängig ist, sich zu machen. Und wenn Humboldt die allgemeine Aufmerksamkeit und thatkräftige Unterstützung diesem wichtigen Gegenstande zuwandte, so haben andere durch Erfindung ausgezeichneter Methoden der Beobachtung und durch Diskussion der so erhaltenen Resultate die noch sehr junge Wissenschaft schon auf das glänzendste bereichert. Namentlich sind es Gauss[3] und Weber, deren geniale Beobachtungsmethoden, überall angewandt, zum Ausbau eines der wichtigsten Teile der Naturlehre das Wesentlichste beigetragen haben. Durch die von ihnen erfundenen Mittel ist es möglich geworden, den geheimnisvollen Wandlungen jener Naturkraft nachzuspüren und deren Äusserung zu erkennen, auch wenn sie Tausende von Meilen von uns entfernt stattfindet.

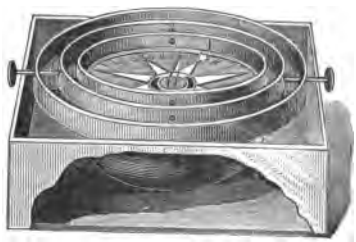


Fig. 64. — Schiffskompass.

Deklination, Inklination und Intensität. — Wenn wir die Erde einem wirklichen Magnete vergleichen und den Pol, der in der Nähe des Nordpols liegt, den magnetischen Nordpol nennen, so stellt eigentlich derjenige Punkt der Magnetnadel, welcher sich jenem Nordpole zurichtet, den magnetischen Südpol der Nadel dar. Wir nennen ihn zwar nicht so, sondern entsprechend der Himmelsrichtung, der er zugewandt ist, auch Nordpol; diese Benennung ist zwar falsch, aber da sie keinerlei Beziehung zur innern Natur des Magnetismus selbst hat, so wollen wir sie auch, die so lange gebräuchlich gewesen ist, getrost beibehalten.[1]

Hängen wir nun eine Magnetnadel derart auf, dass sie sich nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Ebene frei um den Aufhängungspunkt drehen kann, so bemerken wir, wie sie neben ihrer Richtung nach dem magnetischen Nordpol auch eine bestimmte Neigung gegen den Horizont einnimmt und sich, so oft man sie auch aus dieser Lage bringt, immer wieder in dieselbe zurück begiebt. Wir werden also annehmen können, dass sich der Punkt der magnetischen Anziehung in der verlängerten Richtung der Magnetnadel befindet. Wie man die Richtung der horizontalen Kompassnadel durch den Winkel, den sie mit dem astronomischen Meridian macht, die sogenannte Deklination bestimmt, die man, je nachdem die Abweichung nach Osten oder nach Westen stattfindet, östliche oder westliche Deklination nennt, so bestimmt man jene Neigung, die Inklination, durch den Winkel mit der Vertikalen. Man bedient sich dazu eines besondern Instruments, des Inklinatoriums, dessen Einrichtung aus Fig. 65 leicht erkannt wird. Deklination und Inklination sind für verschiedene Orte der Erde verschieden, und man bezeichnet diejenigen Linien, welche die Oberflächenpunkte der Erde von gleicher Deklination oder gleicher Inklination mit einander verbinden, durch den Namen magnetische

Kurven. Stellen die Deklinationskurven die magnetischen Meridiane vor, so bezeichnen die Inklinationskurven gewissermassen die Parallelkreise. Die Orte gleicher magnetischer Deklination heissen Isogonen[1]; die Linie, welche die Orte verbindet, wo die Deklination gleich Null ist, heisst Agone[2]; die Kurven gleicher magnetischer

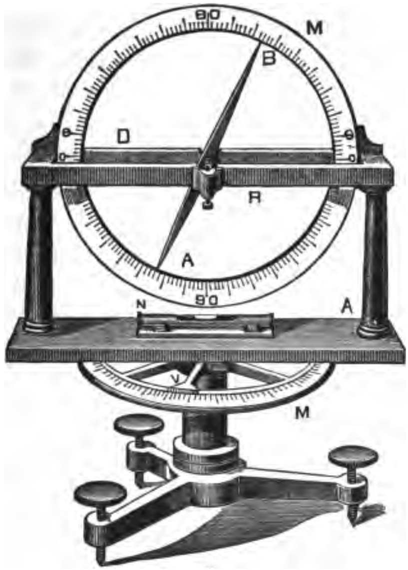


Fig. 65. — Inklinatorium.

Inklination nennt man Isoklinen[3]; die Linie, welche die Orte verbindet, wo die Inklination gleich Null ist, heisst Akline[4] oder Nullisokline. Die Beobachtung der Deklination, der Thatsache also, dass die magnetischen Pole nicht mit den Polen der Erde genau zusammenfallen, finden wir zum ersten Male in den Schiffsbüchern[5] des Christoph Columbus verzeichnet, welche derselbe auf seiner ersten Entdeckungsfahrt 1492 führte. Unter dem 13. September

heisst es darin: "Bei Anbruch der Nacht zeigte der Kompass eine Abweichung gegen Nordwesten, am Morgen war die Missweisung[1] ein wenig geringer." Den Grund der Erscheinung aber suchte der kühne Seefahrer nicht in den magnetischen Verhältnissen der Erde, über deren Natur man ja damals sehr mangelhafte Begriffe hatte, sondern in dem Umstande, dass der Polarstern nicht den astronomischen Pol genau anzeigt, sondern eine Kreisbewegung macht, welcher die Nadeln nicht folgen, und mit dieser Erklärung beruhigte er, unterstützt durch das zufällige Vorkommnis, das am folgenden Morgen sich nicht wieder bemerklich machte, das Schiffsvolk, welches die wiederholt sich zeigende Erscheinung mit Angst aufnahm. Erst auf dem Rückwege aus Westindien sah Colon seinen Irrtum ein und erkannte, dass es im Atlantischen Meere eine Linie der Rechtweisung gebe, nach deren Überschreitung die Magnetnadeln eine Ablenkung von ihrer Nordrichtung erlitten. Dabei müssen wir vorgreifend[2] bemerken, dass die Richtung der Magnetnadel im Laufe der Zeit Änderungen erleidet und 1492 die Nadeln auf demselben Punkte anders wiesen als heute. Unter den beiden Polen stehen die Magnetnadeln senkrecht, die Deklination verschwindet gänzlich. Die Inklination dagegen nimmt nach dem Äquator hin ab, und es giebt hier rings um die Erde einen Gürtel, wo sie gleich Null ist, das heisst, wo die Magnetnadel, von beiden Polen gleich stark angezogen, in vollkommen horizontaler Lage sich erhält. Dieser Gürtel heisst der magnetische Äquator.

Ausser der Deklination und der Inklination ist aber noch ein Faktor in Betracht zu ziehen,[3] das ist die Intensität des Erdmagnetismus, die gesamte Stärke der Kraft, welche sich in den beiden genannten Erscheinungsweisen als in zwei Komponenten äussert. Die Intensität wird unter andern Methoden auf höchst scharfsinnige Weise auch

durch die Schwingungsdauer[1] grosser Magnetstäbe gemessen; dieselben oszillieren um so schneller, je stärker die Intensität, um so langsamer, je schwächer diese ist.

Schwankungen des Erdmagnetismus. — Keiner aber dieser drei Faktoren des Erdmagnetismus, weder die Deklination noch die Inklination, noch auch die Intensität, bleibt sich immer gleich. Im Gegenteil ändern sie sich fast fortwährend, denn sie sind von den Licht-, Wärme- und Elektricitätsverhältnissen, wenn auch in noch unerkannter Weise, abhängig, und wie diese im physikalischen Zustande der Erde wechseln, so bedingen sie gleichzeitige Schwankungen der magnetischen Verhältnisse. Diese Variationen zu beobachten und durch Vergleichung in langen Zeiträumen das Gesetz der Abhängigkeit womöglich zu ergründen, ist der Zweck der grossen Mühe, welche auf den zahlreichen magnetischen Stationen in Indien sowohl als in den Steppen der chinesischen Grenze und weit auf den Inseln der Südsee, in Grönland, am Kap der guten Hoffnung wie in den Laboratorien europäischer und amerikanischer Universitäten unausgesetzt auf die Beobachtung der zitternden Magnetnadel gewandt wird. Der Weltreisende zählt das Magnetometer zu seinen wichtigsten Apparaten, und wie Humboldt auf den Cordilleren[2] Südamerika's und in der leicht gezimmerten Hütte in den sumpfigen Urwäldern[3] des Amazonenstromes,[4] so hat Kane[5] hoch oben in den arktischen Regionen durch seine magnetischen Beobachtungen den Erdwissenschaften die wichtigsten Dienste geleistet.

Man hatte für einzelne Orte schon früher eine allmähliche Änderung der Deklination bemerkt, so betrug z. B. in Paris dieselbe im Jahre 1580 11° 30′ östlich, 1618 war sie nur noch 8°, 1663 fiel der astronomische Meridian mit dem magnetischen zusammen, in 1700 wich die Magnetnadel um 8° 10′ nach Westen ab, 1780 um 19° 55′, 1805 um 22° 5′, 1814 um 22° 34′. Seit dieser Zeit aber geht die Nadel

wieder zurück und 1852 betrug die westliche Abweichung nur noch 20° 22′. Solche langsame Änderungen heissen säkulare[1] Variationen; sie erstrecken sich über die ganze Erde, und in diesem Sinne haben also auch die erdmagnetischen Kurven keine Beständigkeit und die Karten derselben müssen von Zeit zu Zeit geändert werden.

Die Richtung der Friedrichsstrasse in Berlin ist genau nach der Magnetnadel zur Zeit ihrer Erbauung angelegt; die Boussole wird dadurch zu einem chronologischen Moment.

Die Magnetnadel geht aber bei ihren grossartigen säkularen Schwingungen nicht einen stetigen Gang, sondern sie macht unter der Zeit[2] wieder hin- und hergehende Zuckungen,[3] welche unter sich auch eine gewisse Regelmässigkeit, je nach der Jahres- und Tageszeit, erkennen lassen, tägliche[4] Variationen. Für unsere Gegenden hat die Deklinationsnadel Morgens um 8 Uhr ihre östlichste Ausweichung, dann geht das Nordende ziemlich rasch nach Westen, zwischen 1 und 2 Uhr kehrt sie wieder um und geht in den Tages- und Abendstunden rascher als in den Nachtstunden wieder ihrem frühern Stande zu.

Eben so wie bei der Deklination hat sich auch bei der Inklination eine säkulare, jährliche und eine tägliche Variation feststellen lassen,[5] und da die Inklination und Deklination in so grosser Abhängigkeit von einander stehen, so dürfen wir für beide Erscheinungen dieselben Ursachen voraussetzen. Aber während man in den klimatischen Änderungen eine Wechselbeziehung zu den kürzeren Perioden erkennen kann, ist man über die Ursachen der säkularen Schwankungen noch ziemlich im Unklaren.

Das Nordlicht. — Diese Verhältnisse führen uns ohne Weiteres einer Erscheinung[6] zu, deren Erklärung früheren Zeiten unbesiegbare Schwierigkeiten darbot und die deshalb von Furcht und Aberglauben nur mit ängstlichen Gefühlen

betrachtet wurde. Können[1] wir uns aber auch heute noch nicht über die Art und Weise aller jener Vorgänge, als deren Ergebnis das prachtvolle Nordlicht über den Horizont sich erhebt, erschöpfend Rechenschaft geben, so wissen wir doch aus unbestreitbaren Erfahrungen mit Sicherheit, dass dasselbe mit dem erdmagnetischen Zustande im innigsten Zusammenhange steht und am passendsten als ein magnetisches Ungewitter aufgefasst werden muss, in welchem die gestörten Verhältnisse durch einen plötzlichen Ausgleich dem Gleichgewichtszustande wieder zustreben.

Bei uns erscheinen die Nordlichter ziemlich selten, in den nördlicher gelegenen Gegenden aber erglänzen sie fast allabendlich am Himmel. Auf einer im Jahre 1838 nach Norwegen ausgesandten Expedition beobachtete der Schiffslieutenant Lottin während eines Zeitraumes von 206 Tagen nicht weniger als 143 Nordlichter.

"Zwischen 4 und 8 Uhr des Abends färbte sich der obere Teil des lichten[2] Nebels, welcher dort fast immer gegen Norden zu[3] herrscht. Der lichte Streifen[4] nahm allmählich die Gestalt eines Bogens an, dessen Enden sich auf den Horizont stützten. Sein Gipfel blieb in der Richtung des magnetischen Meridians. Bald erschienen schwärzliche Streifen, welche den lichten Bogen trennten, und so bildeten sich Strahlen, welche sich bald[5] rasch, bald langsam verlängerten oder verkürzten. Die Strahlen schossen über den Himmel herauf[6] und verlängerten sich bisweilen bis zu dem Punkte, welcher durch das Nordende der Inklinationsnadel bezeichnet ward, so das Fragment eines ungeheuern Lichtgewölbes[7] bildend. In dem Glanze des nach dem Zenith hin wachsenden Bogens zeigte sich eine wellenförmige Bewegung, der Glanz der Lichtstrahlen wuchs der Reihe nach[8] von einem Fusse zum andern, und es ging dies Wogen des Lichts bald von Westen nach Osten, bald in umgekehrter Richtung. Auch in seiner horizontalen

Ausbreitung kam der Bogen in Bewegung, er wallte und wogte, er entwickelte sich wie ein bewegtes Band oder eine wehende Fahne. Manchmal verliess einer der Füsse oder selbst beide den Horizont, dann wurden diese Biegungen[1] zahlreicher und deutlicher. Der Bogen erschien nun als ein langes Strahlenband, welches sich entwickelte, in mehrere Teile trennte und graziöse Windungen bildete, welche sich fast schlossen und das hervorbrachten, was man die Krone[2] genannt hat. Alsdann änderte sich plötzlich die Lichtintensität der Strahlen, sie übertraf die der Sterne erster Grösse; die Strahlen schossen mit Schnelligkeit, bildeten Biegungen und entrollten sich wie die Windungen einer Schlange; nun färbten sich die Strahlen, die Basis war rot, die Mitte grün, der übrige Teil behielt ein blassgelbes Licht. Diese Farben behielten immer ihre gegenseitige Lage und hatten eine bewunderungswürdige Durchsichtigkeit. Das Rot näherte sich einem hellen Blutrot, das Grün einem blassen Smaragdgrün. Da endlich nahm der Glanz ab, die Farben verschwanden, die ganze Erscheinung wurde nach und nach schwächer und erlosch plötzlich. Einzelne Stücke des Bogens aber traten wieder auf, er bildete sich von neuem, er setzte seine aufsteigende Bewegung fort und näherte sich dem Zenith. Die Strahlen erschienen durch die Perspektive immer kürzer, alsdann erreichte der Gipfel des Bogens das magnetische Zenith, einen Punkt, nach welchem die Nordspitze der Inklinationsnadel hinwies. Unterdessen bildeten sich neue Bogen am Horizonte; sie folgten einander, indem alle fast dieselben Phasen durchliefen und in bestimmten Zwischenräumen von einander blieben. Manchmal wurden diese Zwischenräume kleiner und mehrere dieser Bogen drängten einander. So oft die Strahlen am hohen Himmel das magnetische Zenith überschritten hatten, schienen sie von Süden her nach diesem Punkte zu konvergieren und bildeten alsdann die eigentliche

Krone. Die Erscheinung der Krone ist ohne Zweifel nur eine Wirkung der Perspektive, und ein Beobachter, welcher in diesem Augenblicke weiter nach Süden sich befände, würde sicherlich nur einen Bogen sehen können."

"Denkt man sich nun ein lebhaftes Schiessen von Strahlen, welche beständig sowohl in Beziehung auf ihre Länge als auf ihren Glanz sich änderte, dass sie die herrlichsten roten und grünen Farbentöne zeigten, dass eine wellenartige Bewegung stattfand, dass Lichtströme einander folgten und endlich, dass das ganze Himmelsgewölbe eine ungeheure prächtige Lichtkuppel zu sein schien, welche über einen mit Schnee bedeckten Boden ausgebreitet war und einen blendenden Rahmen für das ruhige Meer bildete, welches dunkel war wie ein Asphaltsee, so hat man eine unvollständige Vorstellung von diesem wunderbaren Schauspiele, auf dessen Beschreibung man verzichten muss." So schildert Lottin die zu Bossekop beobachteten Nordlichter. Was wir in unsern Gegenden von dieser Erscheinung gewahren, kann mit dem Glanze, welchen das Phänomen im Norden hat, nicht verglichen werden.

Die spektroskopische Untersuchung der Nordlichter hat ergeben, dass das Spektrum des Lichtbogens vorzugsweise aus einer einzigen hellen, gelbgrünen Linie, zwischen den Fraunhofer'schen[1] Linien *D* und *C* gelegen, besteht. Dieselbe Linie hat Angström[2] im Spektrum des Zodiakallichtes[3] beobachtet, sie stimmt mit keiner der uns bekannten Gaslinien überein.

Die Grenzen, innerhalb derer ein und dasselbe Nordlicht sichtbar ist, sind oft sehr weit entlegen; daraus lässt sich[4] auf die grosse Höhe, in welcher sich der Prozess abspinnt,[5] ein Schluss machen. So wurde z. B. das Nordlicht vom 28. August 1859 auf einer Strecke von 140 Längengraden, von Kalifornien bis Osteuropa und von Jamaika bis in die nördlichsten Gegenden von Britisch-Amerika beobachtet,

und aus ähnlichen Wahrnehmungen hat Mairan auf Höhen von mehr als 100 geographischen Meilen geschlossen, in denen die Lichtentwickelung stattfindet.

In dem Auftreten der Polarlichter scheint eine gewisse Periodicität Geltung zu haben. Abgesehen davon, dass Loomis[1] für Canada die Stunden gegen 11 Uhr Nachts, für höhere Breiten die Mitternacht und 1 Uhr morgens als tägliche Zeit ihrer häufigsten Erscheinung angiebt, haben einzelne, namentlich Fritzsch, neuerdings nachzuweisen versucht, dass ein Maximum der Häufigkeit der Nordlichter immer nach Verlauf von 11 Jahren wiederkehre. Fünf solcher elfjähriger Perioden sollen[7] Abschnitte bezeichnen, welche durch noch bedeutendere Maxima hervortreten. Merkwürdig würde dabei sein, dass man auch für die besonders häufige Wiederkehr der Sonnenflecken eine elfjährige Periode und für die der Sternschnuppen[8] (Alexander von Humboldt) eine dreiunddreissigjährige beobachtet zu haben glaubt.

Die Übereinstimmung der Strahlenrichtung mit dem magnetischen Meridian liess schon zeitig auf die Vermutung kommen, dass das Nordlicht mit dem Erdmagnetismus in engem Zusammenhange stehe. Bestätigung erhielt dies durch den Umstand, dass die Magnetnadel während der Dauer einer solchen Erscheinung ihr Verhalten auf merkwürdige Weise ändert und in eine eigentümliche Unruhe gerät, die sich durch hin- und hergehende Zuckungen zu erkennen giebt. Seit man nun auch noch beobachtet hat, dass über dem Himmel des Südpoles dieselben wunderbaren Ausstrahlungen von Zeit zu Zeit stattfinden und diese Südlichter oft gleichzeitig mit den Nordlichtern hervortreten und beide in unverkennbarer Abhängigkeit von einander stehen; seit man die Einflüsse derselben auf die Magnetnadel mit den feinsten Apparaten oft und so genau beobachtet hat, dass Arago von seinem Zimmer aus zu Paris,

viele hundert Meilen vom Nordpol entfernt, aus den Bewegungen seiner Nadel das gleichzeitige Aufflammen eines Nordlichtes über den nordischen Himmel verkünden konnte, seitdem ist es keinem Zweifel mehr unterworfen, dass diese vielbewunderte, vielgefürchtete Naturerscheinung in der That ist, was sie Humboldt nennt, ein magnetisches Ungewitter. Die störenden Einflüsse, welche das Nordlicht auf den elektrischen Strom in den Telegraphendrähten zu Zeiten so mächtig ausübt, dass die Apparate von selbst anfangen zu arbeiten und Depeschen auf verständliche Weise nicht befördert werden können, sind ein Beleg dazu, da elektrische Ströme nur wieder durch elektrische Ströme in solcher Weise irritiert werden können. Wir können mit Hilfe luftverdünnter Räume, in denen wir unter dem Einflusse eines starken elektrischen Poles Elektricität von einem Poldraht der Batterie zum andern überströmen lassen, das Nordlicht sogar künstlich im kleinen darstellen, und wenn wir uns die Erde von elektrischen Strömen in ost westlicher Richtung umflossen denken, so sind uns darin Verhältnisse angegeben, welche die Erscheinungen des Nordlichtes in fassbarem Zusammenhange darstellen. Indessen muss doch zugestanden werden, dass trotz der unbestreitbaren Thatsachen, welche das Unrichtige gewisser Erklärungen ganz evident darzulegen imstande sind, eine in allen Punkten erschöpfende Theorie der Polarlichter noch nicht hat gegeben werden können.[1]

Aber so weit sind wir sicher, dass wir in dieser Erscheinung keine übernatürliche Mahnung zu erblicken haben, wie der Aberglaube fürchtet.

> "Aus den Wolken blutig rot,
> Hängt der Herrgott seinen Kriegsmantel 'runter."[2]

Diese abergläubische Prophezeiung vergangener Jahrhunderte hat für unsere Zeiten nichts Schreckliches mehr,

und die prachtvollen Nordlichter, welche gerade zur Zeit der Übergabe von Metz (Ende Oktober 1870) mehrere Nächte nach einander am Himmel aufflammten, haben gewiss kein erneutes Auflodern der Kriegsfackel bedeuten können.[1] Eine lichtvolle Erkenntnis ist an die Stelle ängstlicher Deutung getreten. Das Begreifliche aber verliert die furchterregende Macht, durch welche das Wunderbare über die Schwachen herrscht.

Technik und Volkswirtschaft.[1]

Seit die Wunder der modernen Technik[2] unser volkswirtschaftliches Leben von Grund aus[3] umgestaltet haben, mußten große Naturforscher, Maschinenbauer und Techniker[4] auch die volkswirtschaftlichen Folgen ins Auge[5] fassen, mußten die Nationalökonomen[6] ganz anders als etwa 1750 bis 1850 die Einwirkung der Technik studieren. Bedeutsame Untersuchungen und Schriften sind so auf dem Grenzgebiete der technischen und der Staatswissenschaften[7] entstanden, und es war daher ein glücklicher Gedanke Ihres Vorstandes,[8] auf Ihrer Jahresversammlung auch mal[9] einen Nationalökonomen darüber[10] zu Worte kommen[11] zu lassen, wie er den Zusammenhang zwischen dem technischen und wirtschaftlichen Fortschritte auffasse,[12] von ihm zu hören, wie er die wissenschaftlichen Resultate der einschlägigen[13] Untersuchungen zu einem Gesamtbilde zusammenzufassen vermöge. Ich bin daher sehr gerne Ihrem Rufe gefolgt, eingedenk des Satzes, daß zwar für alle Einzelfortschritte im Erkennen weitgehende Arbeitsteilung und -spezialisierung nötig ist, daß aber die großen praktischen Resultate der Wissenschaft in Staat und Gesellschaft nur gesundes Leben gewinnen, wenn die arbeitsteiligen Träger des Fortschrittes immer wieder Verständigung suchen, die Mißverständnisse beseitigen, zu einheitlichen Zielen und Überzeugungen kommen.

I.

Um nun zum Ziele einer volkswirtschaftlichen und sozialen Würdigung unseres heutigen Zeitalters der Maschinentechnik

zu kommen, scheint mir der Weg der historischen Vergleichung am zweckmäßigsten. Wir fragen, was war und was leistete die ältere Technik, was ist, was leistet die heutige? Welche wirtschaftlichen und sozialen Folgen knüpften sich an die verschiedene Technik?

Wenn man die Geschichte der wirtschaftlichen Technik nur nach ihren gröbsten und allgemeinsten Merkmalen einteilen will, so werden sich uns drei klar geschiedene Zeitalter ergeben: 1. das der Urzeit,[1] das Zeitalter der ersten Fortschritte in der Ernährungsfürsorge,[2] in der Werkzeug-, Waffen-, Geräte-Schaffung, unendliche Zeiträume umfassend; 2. das Zeitalter des beginnenden seßhaften[3] Ackerbaues mit Pflug und Viehzähmung, der verbesserten Werkzeuge aus Bronze und Eisen; das Zeitalter der besseren Werkzeuge beginnt 4- bis 5000 Jahre v. Chr. Geburt und schließt in dem 16. bis 18. Jahrhundert; 3. das Zeitalter der neueren Naturerkenntnis und der Maschinentechnik; wir stehen noch mitten in seinen großen Umwälzungen.

Jedes dieser drei Zeitalter hat je nach[4] Rasse, Klima, religiöser, sittlicher und rechtlicher[5] Entwicklung, je nach den Kämpfen mit Nachbarn recht[6] verschiedene gesellschaftliche, wirtschaftliche und staatliche[7] Zustände und Gebilde gesehen. Aber im ganzen hat[8] die Technik des ersten nur wandernde kleine Horden und Stämme von großer Armut, mit schlechter und unsicherer Ernährung, die der zweiten seßhafte Kleinstaaten und wenige große Eroberungsreiche mit einigermaßen gesicherter wirtschaftlicher Existenz entstehen lassen.[8] Erst die letzten Jahrhunderte, vor allem das 19. hat mit seiner Technik große wohlhabende Nationalstaaten und eine Weltwirtschaft erblühen sehen. Stets hing[9] die Arbeitsteilung und soziale Klassenbildung, hingen[9] die gesellschaftlichen Formen des wirtschaftlichen Zusammenwirkens mehrerer, hing[9] zuletzt auch die Staatsverfassung mit dem Stand der ganzen Technik zusammen.[9]

Die großen Revolutionen der Technik haben stets zugleich die Gesellschaft umgebildet, die Staaten vergrößert, die Volkswirtschaft sehr viel komplizierter gemacht. Und so war stets die Frage, ob der technische Fortschritt, der die Menschen wohlhabender machte, sofort von den moralisch-politischen Fortschritten, von den Umbildungen der Sitten, des Rechts, der Institutionen begleitet war, welche dem technischen Fortschritt sich beigesellen[1] müssen, um ihn zu vollem Segen zu erheben. Ganze Völker und Rassen sind über die sozialen und politischen Kämpfe, die an die Neubildung sich schlossen, zugrunde gegangen.

Wir dürfen uns bei den technischen Zuständen und Fortschritten des ersten Zeitalters nicht aufhalten, so anziehend es wäre, zu erörtern, wie z. B. die gelingende Herrschaft über das Feuer gewirkt habe. Man hat ja oft gesagt, es sei[2] das ein relativ größerer Fortschritt gewesen, als der der heutigen Maschine. Jedenfalls die menschliche Ernährung, wie die Holz- und Metallbearbeitung wurden damit ganz andere. Die Menschen, die gekochte Speisen und gebackenes Brot hatten, waren wirtschaftlich andere Wesen als die, welche nur rohe Früchte, rohes Fleisch genossen. Ähnliches läßt sich sagen von den ersten Fortschritten der Nahrungsgewinnung, z. B. dem Fischfang und dem Hackbau, dann von den ersten Steinwerkzeugen, vor allem von der Tierzähmung. Die gelingende Tierzähmung war in der Tat ein unsagbarer Fortschritt; die Rassen, denen sie gelang, sind bis heute die führenden der Menschheit geblieben. Die Ergänzung der Steinwerkzeuge und -waffen durch die aus Bronze und Eisen kam hinzu, um das zweite große Zeitalter der Technik zu schaffen. Mit diesen Metallwerkzeugen war erst eine Rodung,[3] ein Holz- und Steinbau, ein Schiffs- und Brückenbau, eine Verfeinerung der menschlichen Zierate, der Gewebe möglich,

wie sie uns bei den Halbkulturvölkern entgegentritt. Der Historiker des Eisens, Beck, sagt nicht mit Unrecht: erst die Metallwerkzeuge sicherten die überlegene Herrschaft der Menschen auf Erden. L. H. Morgan[1] nennt die Eisenproduktion den Wendepunkt aller Wendepunkte der menschlichen Erfahrung.

Mit der Viehzucht,[2] die die Anspannung des Rindviehs vor dem Pfluge und damit unsern Ackerbau erlaubte, und mit den ersten Metallwerkzeugen und -waffen haben in den überreichen Tiefebenen Vorderasiens[3] und Ägyptens mindestens 3- bis 6000 Jahre v. Chr. Geburt besonders begabte Rassen und Stämme zum ersten Male eine etwas dichtere Bevölkerung, etwas größere, gefestigte, seßhafte Staatsgebilde, Reiche von einigen Millionen Menschen geschaffen. Mit dieser Technik waren sie fähig, große, geschützte, mit Vorräten versehene Städte zu bauen, ihnen weit ausgedehnte Umwallungen zu geben, eine durchgebildete Kriegsverfassung und starke Königsgewalten zu schaffen, Tempel, Königsschlösser, Arsenale zu bauen, große Wasserläufe[4] zu regulieren. Diese Leistungen wurden möglich, indem dieselbe geistige Bewegung, welche[5] die neue Technik schuf, die ersten höheren Religionssysteme und bedeutsame Priesterschaften erzeugt hatte: diese beobachteten zum ersten Male systematisch den Himmel und die Gestirne, sie teilten das Jahr in zwölf Monate, sie schufen das Zahlensystem und die Arithmetik, ein geordnetes Maß- und Gewichtssystem, die Schrift und die Anfänge des Geldwesens.[6] Sie gaben damit die Möglichkeit, in der Technik planvolle Entwürfe, mathematisch genaue Zeichnungen für Haus- und Tempelbau zu machen, die Landvermessung durchzuführen, wie sie zugleich die Sitten und Rechtssätze,[7] die gesellschaftlichen Institutionen ausbildeten, die ein friedliches Zusammenleben größerer seßhafter Menschengruppen ermöglichten.

Es waren gegenüber der Vergangenheit riesenhafte Fortschritte: die Halbkulturvölker Asiens, die griechisch-römische, die arabische, die westeuropäische Kultur der romanischen und germanischen Völker bis ins 17. und 18. Jahrhundert haben mit diesen Elementen der Technik haus gehalten, ihre Staaten-, Wirtschafts-, Gesellschafts-, Kunstwelt daraus erbaut, langsam Einzelnes hinzufügend, nichts[1] grundsätzlich an dieser Technik der Handwerkzeuge und der Pflugführung, der manuellen persönlichen Geschicklichkeit, an der Überlieferung aller technischen Fertigkeiten von Generation zu Generation, von Person zu Person ändernd.[1] Nicht eigentlich ein System technischer Wissenschaft und technischen ausgebreiteten Wissens beherrschte dieses ganze ältere Wirtschaftsleben, sondern mehr die Routine und die persönliche Meisterschaft.

Gewiß sind große Epochen der Kunst, der Gewerbe, der wirtschaftlichen Blüte einzelner Städte und Staaten so möglich geworden.

Es entstand auf dem Grunde dieser Technik die Haus- und Ackerwirtschaft der patriarchalischen Familie, viele tausend Jahre das wichtigste soziale Instrument alles Wirtschaftslebens, dann die Dorfverfassung und die Grundherrschaft, der Städtebau, der Austausch zwischen Stadt und Land auf dem Markte, ein nicht unerheblicher Schiffsverkehr im Mittelmeere, nach Indien, in der Nord- und Ostsee, auf den großen Strömen; auch an den begünstigsten Punkten eine Großtechnik bewunderungswürdiger Art: ich erinnere nur an die Pyramiden, an die antike Wasserversorgung Roms, an die italienische Kunst der Renaissance und die deutchen Kirchenbauten vom 13. bis 17. Jahrhundert. Auch große Eroberungsreiche, die orientalischen und hellenistichen, das römische Reich, die arabischen, die merowingisch-karolingischen Reiche kamen vorübergehend

zustande; sie beruhten aber alle auf kriegerischer Gewalt; die Städte, Reiche, Provinzen standen lose ohne rechte innere wirtschaftliche Verbindung nebeneinander; weder Sprache noch einheitlicher Verkehr und Arbeitsteilung verband sie so wie heute die großen Staaten. Wo in dieser ganzen Epoche von 4000 v. Chr. bis 1700 n. Chr. ganz große politische, kriegerische, technische Leistungen vorkommen, ruhen sie auf der gänzlichen Unterwerfung der Massen unter priesterlichen und militärischen Gewalten, auf der Knechtung ganzer Völker, auf Fronleistungen von Hunderttausenden, auf einer furchtbar harten Ausbildung des Kastenwesens, der Sklaverei und Hörigkeit. Am meisten haben wohl die Römer mit ihren syrischen und griechischen Sklavenscharen technisch Großartiges geleistet; sie haben aber auch zu diesen Zwecken die Sklaven so mißhandeln müssen, daß immer wieder mehrjährige Sklavenaufstände durch große römische Heere niederzuschlagen waren; einstens hat man auf der Via Appia von Rom nach Neapel 7000 Sklaven nebeneinander ans Kreuz schlagen müssen, um Herr zu bleiben. Nur mit so brutalen Mitteln waren damals reiche und große Staaten möglich.

Kennzeichnet so harte Herrschaftsgewalt und furchtbare Entrechtung und Mißhandlung der unteren Klassen die großen Kulturleistungen dieser Zeit der älteren unvollkommenen Technik, so war daneben auch die ganze Ernährung der Massen immer noch durch Mißernten, Tierkrankheiten, Hunger- und Sterbejahre aufs neue bedroht, wie heute noch in China und Indien alle paar Jahre Millionen verhungern; Wohnung, Kleidung, Hausgeräte war für die Mehrzahl noch eng, kümmerlich, schmutzig; lesen und schreiben konnte nur eine kleine Minderzahl; an Kunst und Wissenschaft nahmen noch wenigere teil. Selbst die oberen Klassen lebten kaum wie heute der Mittelstand,

abgesehen von einigen Fürsten und ihren Gefolgsleuten, vereinzelten Aristokraten, obersten Priestern und einigen reichen Kaufherren; für diesen engsten Kreis allein bestand ein gesichertes wirtschaftliches Dasein, eine höhere Kultur.

II.

Doch genug dieser Betrachtungen über die Folgen der älteren Technik.

Wie ich erwähnte und wie es in der Natur der Sache liegt, ist sie nie völlig stillgestanden. Die griechische Wissenschaft und die römische Praxis fügten manches bei. Die Benutzung der Wasserkraft zu Mahlmühlen beginnt im spätrömischen Reiche und bringt vom 12. bis 15. Jahrhundert in die Walkerei, in die Müllerei, in die Holzsägerei, in das Berg- und Hüttenwesen [1] große Fortschritte. Die Araber nennt A. v. Humboldt die Begründer der physikalischen Wissenschaft und der Chemie. Wir danken ihnen Kompaß, Alkohol, Baumwollpapier. Mit der Renaissance, dem Humanismus, dem erneuten naturwissenschaftlichen Studium setzen von 1400 bis 1600 große Verbesserungen, ja Erfindungen ein: der Buchdruck und die Presse schaffen ein ganz neues Medium der geistigen Menschenverbindung, der verbesserte Schiffsbau schafft eine größere materielle Völker- und Länderverbindung; die Fortschritte in der technischen Münzprägung ermöglichen zum erstenmal ein gutes Geldwesen für größere Staaten herzustellen. Die Entdeckung Ost- und Westindiens bringt allerlei Gewürze, neue Pflanzen und Tiere, neue Genuß- und Reizmittel aller Art, einen Welthandel, Weltbörsen und einen Welthorizont, wie er bisher nie bestanden hatte.

Aber noch mehr ist es die Naturbeobachtung und die fortschreitende Naturerkenntnis, die von 1500 bis 1900 ein ganz neues System des realistischen Wissens und eine

neue Epoche des technisch-wirtschaftlichen Lebens bringen. Leonardo da Vinci [1] hatte die Bewegungen der Körper untersucht. Galilei [2] fand das Gesetz ihrer Bewegung, Huygens, Euler, d'Alembert, Lagrange vollendeten im 18. Jahrhundert die dynamische Mechanik auf mathematischer Grundlage. Die Chemie ist von Lavoisier (1785) bis zu Liebig [3] und seinen Schülern erst eine volle Wissenschaft geworden. Galvani und Volta, Gauß und Weber, Faraday und Maxwell offenbaren der Welt das Geheimnis der Elektricität, Werner Siemens [4] lehrt ihre praktische Anwendung. Doch was soll ich Ihnen aufzählen, was Sie viel besser wissen als ich. Das naturwissenschaftliche Zeitalter, dessen höchster Segen erst den letzten 50 Jahren angehört, bot endlich der Menschheit die Möglichkeit der vollen rationellen Bemeisterung der schwierigsten technischen Aufgaben durch vollendete Erkenntnis ihrer Ursachen. Während noch im 18. Jahrhundert dieses Wissen mehr in den Höhen der Gelehrtenwelt bleibt—es sind damals in England vielfach Barbiere und Pfarrer, Tausendkünstler [5] und gewöhnliche Arbeiter, welche die erheblichen praktischen technischen Entdeckungen machen—sind seit 60 Jahren die naturwissenschaftlichen Kenntnisse durch Universität und technische Hochschule, durch Gewerbe- und Fortbildungsschulen in die breitesten Kreise gedrungen. Und erst mit dieser Verbreitung haben sie unser ganzes wirtschaftliches Leben rationalisiert, an die Stelle des Werkzeugs die Maschinen gestellt, unsere Produktivkräfte ins Ungemessene vermehrt.

Neben die schwache menschliche und tierische Arbeitskraft traten nun die elementaren großen Naturkräfte. Die Wasserkraft hatte man bisher nur schlecht, biz zu 15 und 20 vH [6] in den alten unterschlächtigen [7] Wasserrädern ausgenutzt. In den neuen Turbinen steigerte sich der Nutzeffekt auf 80 vH; durch die Elektricität lernte man Wasserkräfte auf viele Meilen übertragen. Dampfmaschinen zur

Wasserhebung in Bergwerken zu benutzen, hatte man im 18. Jahrhundert gelernt. Erst im 19. lernte man mit Dampfmaschinen große Schiffe und Wagenzüge bewegen, die schwere Massenarbeit in der Hütten-, Berg- und Salinenindustrie verrichten, alle Großindustrie mechanisieren, die Gewerbe von den Talrändern der Mittelgebirge, wo man bisher allein die Wasserkräfte zu fassen verstand, emanzipieren. Aber so großes der König Dampf geleistet, so sehr er unsern Großverkehr und unsere moderne Industrie geschaffen, so sehr klagte man bald, daß er die Wärmeeinheiten nur zu 13 vH ausnutze. Erklärte deshalb doch Redtenbacher[1] schon das Prinzip der Dampfmaschine für ein verfehltes. Und man schuf nun seit 30 Jahren Petroleum-, Benzin-, Heißluft-, Wärme-, Wasserdruckmotoren, man lernte die Ätherschwingungen der Elektricität neben der Telegraphie als Kraftmotoren und Lichtquellen benutzen. Sie ist als Kraftquelle im Begriff, in alle Industrieen einzudringen und sie umzuwälzen.

Das Resultat der neuen Kraftmaschinen ist eine beispiellose Verbilligung und Vermehrung der mechanischen Kräfte, über welche die Volkswirtschaft verfügt. Man wird vielleicht die Schätzung wagen können, daß in Deutschland im Jahre 1750 den etwa 9 Millionen arbeitender Menschen höchstens eine gleiche Summe von mechanischer Arbeitskraft in Tieren, Wind- und Wassermaschinen zur Seite stand, während 1895 die 26 Millionen arbeitender Menschen durch die 6-, ja vielleicht 8- oder gar 10fache Kraftsumme tierischer und mechanischer Kräfte in ihrer Arbeit unterstützt werden. Ein solcher Fortschritt hat niemals früher stattgefunden.

Und dabei ist in solch rohen Zahlenberechnungen nicht ausgedrückt, wie die Arbeitsprozesse zugleich durch die Arbeitsmaschinen erleichtert, verbilligt wurden, wie der Arbeitseffekt stetiger, sicherer wurde, wie die Zeiträume des Arbeitsprozesses abgekürzt wurden. Hauptsächlich und

zuerst hat die Gewebeindustrie durch die Spinnmaschinen und den Kraftstuhl die Wirkung der Arbeitsmaschinen zum höchsten und feinsten Effekt gebracht. Dann haben aber die Eisen-, die Metall- und Bergwerkindustrieen, die ganze Werkzeug- und Maschinenindustrie im Wettlauf um die besten Arbeitsmaschinen die Textilindustrie jedenfalls in der Breite der Wirkung noch weit überholt. Und von da aus ergoß sich der Fortschritt auf alle wirtschaftlichen Gebiete: in die Haus- und in die Landwirtschaft, in die einfachsten und kompliziertesten Gewerbe, in alle Verkehrs- und Handelstätigkeit drangen Maschinen, mechanische Hülfen, verbesserte Arbeitsmethoden ein.

Kein Wunder, daß man das ganze Zeitalter ein solches der Maschinentechnik nennt, obwohl man damit partem pro toto[1] nimmt, obwohl man damit das äußerlich sichtbarste, den greifbaren Mechanismus anstatt der innern treibenden Ursache zur Namengebung verwendet. Denn die letzte Ursache des Fortschrittes liegt in der Rationalisierung der Arbeitsprozesse auf Grund naturwissenschaftlicher Erkenntnis: physiologische Fortschritte in der Tierernährung, die großen chemischen Fortschritte in der Stoffscheidung und -verbindung kommen ebenso in Betracht wie die Verfeinerung, Verbesserung, Komplizierung der physikalischen Bewegungsvorgänge, denen in erster Linie das Werkzeug und die Maschine dient.

Was der Mensch ursprünglich direkt nur mit Arm und Hand an wirtschaftlicher Arbeit verrichtete, wurde durch das Werkzeug, den Hammer, den Spaten, die Nadel, die Spindel geschickter, feiner, kräftiger verrichtet. Alles Werkzeug ruht in der Hand des Arbeiters, die bewegende Kraft bleibt der einzelne schwache, ermüdende, immer leicht fehlgreifende Mensch; jede Sekunde hat Kopf und Auge des Arbeiters zuzusehen, ob die Hand das Werkzeug richtig leitet. Alle Arbeitsprozesse mit dem Werkzeug bleiben

beschränkt und ungleichmäßig; auch wo 10 und 20 und 100 zugleich anfassen, ist nichts ganz Großes zu erreichen.

Schon die tierische Arbeitskraft vor Pflug und Wagen, im Pferdegöpel[1] war ein großer Fortschritt, aber nicht zu vergleichen mit dem durch Wasser, Dampf, Elektricität erreichten. Das Werkzeug wurde zur Maschine, d. h. man verstand die Naturkräfte in mechanische, komplizierte Apparate und Mechanismen zu fesseln, die die bewegende Kraft an die Arbeitsmaschinen abgeben; zusammengesetzte Holz-, Metall-, Stahlteile führen mit größter Kraft, Sicherheit und Geschwindigkeit zwangläufige rotierende oder hin und her laufende Bewegungen aus, die mechanisch oder chemisch den Stoff so verändern, daß ein Arbeitseffekt, eine Veredelung, eine höhere Brauchbarkeit entsteht. Auge und Hand des Menschen haben nun da, wo so Kraft- und Arbeitsmaschine den Arbeitsprozeß überwiegend ausführen, nur noch den Stoff aufzugeben, den Prozeß zu überwachen, durch kleine mechanische Handgriffe den Gang der Maschine zu regulieren. Man könnte, um den Fortschritt zu kennzeichnen, der darin liegt, sagen, die große mechanische Anstrengung werde dem Menschen damit überhaupt abgenommen, der bedienende Maschinenarbeiter werde gleichsam der hohen geistigen Fähigkeit und Kraft teilhaftig, über die der Erfinder des vervollkommneten technischen Prozesses, der Maschine verfügte.

Es ist klar, daß damit eine enorme Steigerung und Verbilligung der wirtschaftlichen Produktion erreicht wurde, von der man sich durch allerlei Zahlenberechnungen eine Vorstellung zu machen suchte. Ich habe eine solche über die Steigerung der mechanischen Kräfte im ganzen schon angeführt. Viel blendender werden sie, wenn man einzelne Industrieen solchem Kalkül unterwirft. Michel Chevalier berechnete z. B., in der Mehlbereitung habe 1855 ein Mann geleistet, was in Homers Tagen 144 ausführten; in der

Eisenbereitung habe seit 3 Jahrhunderten die Produktivität wie 1 : 30, in der Baumwollverarbeitung gar nur in der Zeit von 1769 bis 1855 von 1 : 700 zugenommen. Und gewiß sind die Fortschritte riesenhafte. Aber man übertreibt sie doch, wenn man solche *Einzelbeispiele* des gelungensten technischen Fortschrittes zu dem Schlusse verallgemeinert, wir seien nun im *ganzen* 30-, 144-, 700mal reicher als früher geworden.

Um hier klar zu sehen, ist die Vorfrage zu stellen, ob die Maschine und die ganze moderne Rationalisierung der Arbeitsprozesse eigentlich die gesamte Volkswirtschaft gleichmäßig oder zunächst mehr nur einzelne Teile voll und ganz erfaßt habe. Vor allem, wenn man die unendliche Verbilligung durch die moderne Technik und die Verschönerung und Verbesserung aller unserer Produkte und Waren durch sie richtig beurteilen will, muß man diese unterscheidende Frage stellen.

III.

Die Antwort ist nicht ganz einfach. Denn es ist ebenso sicher, daß gewisse Fortschritte auf allen Wirtschaftsgebieten durch die Naturwissenschaften und die Maschinen stattgefunden haben, daß aber der Grad des Fortschrittes ein unendlich verschiedener ist.

Das ist der eigentlich springende Punkt, hier liegt auch die Erklärung für die so sehr verschiedenen Urteile über die Folgen des Maschinenzeitalters.

Bleiben wir bei dem wichtigsten Hülfsmittel der modernen Technik, der *Kraft- und Arbeitsmaschine*, stehen. Was kann sie, was leistet sie gegenüber der menschlichen Arbeit?

Die Maschine wird durch billige Kohle, durch eine seit Jahrtausenden vorhandene chemisch gebundene

Arbeitsenergie zu ihrem Krafteffekt gebracht, der Mensch, der arbeitet, muß durch Brot, Fleisch, Milch und andere teuere, stets wieder im Moment zu beschaffende Nahrungsmittel unterhalten werden. Die Maschinenarbeit muß also unendlich billig gegen die Menschenarbeit sein. Aber dafür hat der Mensch Auge, Ohr, Hand, Seele und Geist voraus; die Maschine ist ein Automat, der nur einfache, sich gleichmäßig wiederholende Bewegungen, freilich mit höchster Schnelligkeit und Präzision, mit Unermüdlichkeit, mit hundertfacher Nebeneinanderstellung des angreifenden Maschinenteiles (wie beim Spinnstuhl) ausführt. Jeder komplizierte Arbeitsprozeß, auf den die Maschine angewandt werden soll, muß sich in einfache Bewegungsvorgänge zerlegen lassen. Der Arbeitsprozeß muß Uniformierung, Mechanisierung, höchste Beschleunigung vertragen. Der Kampf der Menschen mit der Natur, mit den Stoffen kann nun aber nur zu einem gewissen Teil so geführt werden. Für einen sehr erheblichen Teil aller Arbeitsprozesse muß der Mensch jeden Moment seine Hand andern Bedingungen anpassen, muß er sich jeden Moment etwas veränderte Ziele setzen. Das kann die Maschine nicht, sie hat keine Seele, kein eigenes Leben, sie überträgt nur die Anstöße, die der Mensch in ihr entzündet, sie konzentriert gewisse Naturkräfte; aber sie kann den Menschen in der Wirtschaft doch nur partiell ersetzen.

Ihre höchsten Triumphe hat die Maschine in der Textilindustrie, der Müllerei, der Eisenindustrie und vor allem im Verkehrsleben gefeiert, d. h. überall da, wo es sich ausschließlich um Erleichterung, Beschleunigung, Mechanisierung und Ordnung von Bewegungsvorgängen handelt. Mit der breiten und großartigen Wirkung von Post, Eisenbahn, Dampfschiff und Telegraph auf Arbeitsteilung, Welthandel, auf Absatz- und Markterweiterung lassen sich nur wenige

Gewerbe vergleichen. Eine Tonne einen Kilometer zu befördern, kostete vor 150 Jahren etwa 26 bis 80 Pfg., heute etwa 0,1 bis 2 Pfg.: das ist eine Verbilligung auf $\frac{1}{260}$ bis $\frac{1}{40}$.

Kaum irgend ein Gewerbe verträgt eine solche allgemeine Mechanisierung der Arbeit, wie der Verkehr.

In der Textilindustrie handelt es sich bei Ziehung, Schlichtung und Verspinnung der Fasern, bei der Verwebung des Fadens, bei der Rauhung und Pressung des Gewebes auch vielfach um mechanisierbare Bewegungsvorgänge, aber wie viele menschliche Handarbeit bleibt von der ersten Herstellung des Rohstoffes an, der Schafschur, der Coconerzeugung, des Baumwollbaues bis zur vollendeten Verarbeitung der Gewebe zu Kleidern, Möbelüberzügen, Betten u. s. w. Unser Bergwesen hat die Maschine durchaus revolutioniert, die Hälfte aller stehenden Dampfmaschinen gehören dem Gebiete des Berg- und Hüttenwesens an. Die Hebung und Sortierung der Kohle und der Erze, ihre Beförderung an die Orte weiterer Verwendung ist Maschinensache. Aber die Hauptarbeit des Kohlenhäuers vor Ort ist heute, wie vor Jahrhunderten, Handarbeit, sie kann nicht mechanisiert werden. Die Löhne machen heute noch 40 bis 55 vH des Preises der Steinkohle aus, während sie in den Spinnerei- und Webereiprodukten nur noch 17 bis 20 vH betragen.

In allem Handel, im Geldgeschäft, im Verkaufsgeschäft ist mancherlei Hebungs-, Packungs-, Sortierungs-, Schreibarbeit auf die Maschine übergegangen; die Hauptarbeit, vielleicht 70 bis 90 vH derselben, bleibt dem einzelnen Menschen, seiner Hand und seinem Kopf.

Und vollends im Haushalt, in der Forst- und Landwirtschaft, im Kleingewerbe, im ganzen Bauwesen, im Beamtendienst! Gewiß auch hier überall große Fortschritte, technische Verbesserungen, einzelne Maschinen. Aber die

Hauptarbeit ist hier doch dieselbe menschliche wie vor 1000 und 5000 Jahren.

Und noch ein wichtiger Umstand für alle Mehrproduktion und Mehrleistung und deren Kosten kommt hinzu. Um je kleinere, feinere Produkte und Waren es sich handelt, je verbreiteter und billiger der Rohstoff ist, desto leichter kann die Produktion stets ohne höhere Kosten vermehrt werden: so in den meisten Textilindustrieen, auch in vielen Metallindustrieen. Anders schon bei der Produktion von Kohlen und Erzen; die Lager sind beschränkt, die Mehrproduktion geht in die Tiefe, kostet damit viel mehr. Alle landwirtschaftliche Produktion ist an die beschränkte Erdoberfläche, hauptsächlich an den guten Boden gebunden. Wir haben seit 100 Jahren die Ernten verdoppelt, vielleicht da und dort verdreifacht; aber es war schwierig genug und es gelang meist nur mit einer Steigerung der Kosten, mit einem Mehraufwand von Arbeit und Kapital, den wir auf das 3-, 5-, oft gar das 10fache beziffern können. Die doppelte Arbeit und die doppelte Düngung, sagt Liebig, kann nie machen, daß Luft, Wärme und Feuchtigkeit so in den Boden eindringen, daß die doppelte Menge Minerale und Nährstoffe löslich wird. In jeder Stadt werden die guten Geschäftslagen teurer; wir bauen statt 2 and 3 jetzt 5 bis 10 Geschosse übereinander; aber mit großen Kosten; der hier Wohnende oder Geschäfte Machende zahlt die 10- bis 20fache Grundrente wie vor 100 Jahren. Im Verkehr ist an sich, wie wir sahen, die einzelne Leistung unendlich viel billiger geworden; aber auch hier fragt sich, ob, wenn nun tausend- und millionenfach größere Leistungen gefordert werden, hierfür der Raum sei, ob nicht damit wieder Verteuerungen entstehen. Es ist bis jetzt nicht der Fall für die Seefracht, für den Verkehr auf ganz großen Flüssen; die vergrößerten und zahlreicheren Dampfer haben Platz

nebeneinander. Aber der Verkehr auf kleinen Wasserstraßen, in den Städten ist vielfach auf dem Punkt angekommen, daß er sich hemmt, daß man nur mit enormen Kosten Verbreiterung der Straßen, Parallelwege, breitere Kanäle anlegen kann. Selbst die Legung von 4 statt 2 Eisenbahngeleisen, die Ausdehnung unserer Bahnhöfe in großen Städten, in sehr bewohnten Landschaften stößt auf große Schwierigkeiten oder sehr gesteigerte Kosten.

Kurz, die Erde ist eine beschränkte. Und es gibt eine Summe von wirtschaftlichen Produktionsprozessen, die eine Steigerung nur mit viel höheren Kosten gestatten. An vielen Punkten der Volkswirtschaft hat der große technische Fortschritt nur die steigende Schwierigkeit der wirtschaftlichen Produktion und Existenz, die sich aus dichterer Bevölkerung ergibt, ausgeglichen; er hat sogar teilweise nur die Verteuerung etwas ermäßigt.

Was beispiellos billig durch die Maschine geworden ist, das ist, wie gesagt, der Transport aller Waren und die Herstellung der Bekleidung, der Hausgeräte, der meisten Industriewaren. Sehr viele Waren sind durch die besseren Transportmittel vor Verteuerung bewahrt worden. Fast alle Produktionsmittel sind billiger geworden, aber entfernt nicht ebenso all das, was der *Mensch direkt für seinen Konsum*, für seinen *Haushalt* braucht. Wenn wir das Haushaltbudget eines Arbeiters, eines mittleren Beamten, kurz der großen Masse der Menschen zur Hand nehmen, so machen die verbilligten Posten vielleicht 20 bis 40 vH, die gleich teuer gebliebenen oder wenig verbilligten, sowie die verteuerten (die Posten für Ernährung und Wohnung hauptsächlich) 80 bis 60 vH des Gesamteinkommens aus. Ohne unsere modernen Transportmittel hätten wir heute 2- bis 3fach so teures Brot oder nur die halbe Menschenzahl, wir hätten noch Hungersnöte wie früher. Unsere Wohnungen sind schöner und besser, aber auch für die meisten Menschen

3- bis 10mal teurer als vor 100 Jahren. Eine große Zahl der kleinen Leute, vor allem die Arbeiter, müssen sich heute mit engeren Räumen als ihre Vorfahren begnügen. Es fragt sich, ob ihre bessere Einrichtung sie dafür ganz entschädigt.

Professor Emil Herrmann in Wien, vielleicht der kompetenteste Kenner des Grenzgebietes zwischen Technik und Volkswirtschaft, meint daher, so sehr unsere Werkzeuge und technischen Methoden heute über denen der Griechen und Römer ständen, so sei doch gegründeter Zweifel vorhanden, ob unsere Ernährung und Wohnung sehr viel besser sei. Wir mögen also in mancherlei Gebieten unsere Produktivität wie 1 : 200 und mehr gesteigert haben, in anderen ist die Steigerung nur die von 1 : 2 oder 3 und in vielen begegnen wir heute zunehmenden technischen Schwierigkeiten und Verteuerungen. Das erklärt schon, daß wir nicht um das Mehrhundertfache im ganzen reicher geworden sind, daß wir nicht, wie technische Optimisten, vor allem aber häufig die Sozialisten glauben, bei richtiger oder vielmehr gleichmäßiger Verteilung der Güter mit täglich 2 bis 4 Arbeitsstunden alle herrlich und im Überfluß infolge der neuen Technik leben könnten. Nein, auch heute muß die Mehrzahl der Menschen hart und angestrengt arbeiten. Sie arbeitet in ihrer großen Masse fleißiger, emsiger, atemloser als je früher. Dabei soll nicht geleugnet werden, daß die Verteilung des Einkommens und der Arbeit vielfach eine bessere und gerechtere sein könnte. Wir arbeiten daran, diese Verteilung zu bessern. Die Zahl der untätigen, bloß verzehrenden und genießenden Menschen aber ist verschwindend. Und wenn wir die tägliche Arbeitszeit der großen Mehrzahl von 12 bis 15 doch im ganzen jetzt auf 10, ja vereinzelt auf 9,8 Stunden zu beschränken verstanden, so ist das immer schon ein großer Erfolg, der teilweise unserer Technik, teilweise andern, vor allem sozialen Fortschritten zu danken ist.

Wenn ich so negiere, daß die große technische Revolution bis jetzt alle Menschen mit Wohlstand und Überfluß versehen habe, so leugne ich noch mehr, daß sie bei der Mehrzahl der Menschen das subjective Glücksgefühl im Durchschnitte gesteigert habe, wenigstens bisher. Sie mußte es eher vermindern, weil sie die Ruhe, das Behagen althergebrachter Zustände störte, das Ringen und Kämpfen vermehrte. Sie hat mit den Kämpfen sogar das wirtschaftliche Lebensniveau ganzer Klassen herabgedrückt. Vielleicht bei vielen nur vorübergehend. Aber es gehört doch zum Bilde der Gesamtwirkung.

Ebenso aber gehört zu ihm, daß die große Mehrzahl doch heute besser und gesicherter, reichlicher lebt, daß die Schicht der Reichen, der Wohlhabenden und der Gebildeten viel größer ist als früher, daß alle Bürger über eine Schulbildung, über eine rechtliche und politische Freiheit verfügen wie nie früher, daß unsere Kulturstaaten Straßen und Verkehrsmittel, eine Presse und Literatur, Theater und Büchersammlungen haben wie noch nie, daß wir Kommunal- und Staatseinrichtungen besitzen, ein Beamtentum, eine Lehrerschaft, ein Kriegswesen so vollkommen, daß sie weit über die besten des Altertums, geschweige des Mittelalters hinausreichen. Und was für all das die Vorbedingung war: es leben heute 3- bis 8000 Menschen auf der Geviertmeile, wo früher 600 bis 1500 sich kümmerlich und unsicher nährten. Deutschland zählte 1750 etwa 18, heute über 58 Millionen. Vor 500 Jahren beherrschten Kleinstaaten von ½ bis 2 Millionen Menschen mit ihrer engen Grenze und ihrem engen Horizont die Welt, heute ist sie mit Großstaaten von 30 bis 100 Millionen Menschen bedeckt, die einen Welthandel ohne gleichen treiben, deren Verkehrseinrichtungen nahezu die ganzen 1600 auf der Erde lebenden Millionen Menschen in wirtschaftliche und geistige Verbindung gebracht haben.

Das sind die ungeheuren Siege der Kultur, die wir der Technik, wenn auch natürlich nicht ihr allein, danken, auf die wir stolz sein können, auch ohne daß die Arbeitszeit für alle auf 2 bis 4 Stunden reduziert wurde. Man könnte somit vielleicht sagen, das großartigste Resultat der neueren Technik liege nicht sowohl in der Verbesserung der wirtschaftlichen Lage der Individuen, als in den verbesserten Staats- und Gesellschaftseinrichtungen, in den gesteigerten Verbindungen zwischen Individuen und Völkern, Ortschaften und Ländern und in den Aussichten, welche damit für die Verbesserung der wirtschaftlichen und sozialen Institutionen und der Zukunft sich eröffnen.

IV.

Es ist natürlich, daß mit all dem Geschilderten auch die Menschen in ihrer Gefühls- und Ideenwelt, in ihrem ganzen Denken und Handeln gänzlich andere wurden, daß alle Einrichtungen der Gesellschaft, der Volkswirtschaft, des Staatslebens sich gänzlich gewandelt haben seit den Tagen, da der Großvater die Großmutter nahm. Freilich nicht bloß die Technik hat das gemacht, sondern fast noch mehr die innern letzten Ursachen, welche auch die neue Technik schufen: das neue naturwissenschaftlich-realistische Denken und Streben, sie haben zugleich unsere ganze Psyche, unsere Sitten und Moralregeln, unser Verhältnis zur Religion, unser Familienleben, unsere Einfügung in Gemeinde und Staat, Unternehmung und soziale Klasse beeinflußt, teilweise nur in andere Form gebracht, teilweise aber auch aufs tiefste verändert. Die alte Gebundenheit der Menschen ist gelöst; wir sind individueller, egoistischer, aber auch kühner und tatkräftiger geworden; der Einzelne steht mehr auf sich, aber er gibt sich auch neuen Gemeinschaften wieder stärker hin. Die alte

Familienwirtschaft, die zugleich Produktionsorgan war, eine größere Zahl Glieder ganz und voll erfaßte, ist im Verschwinden; die neue Familienwirtschaft ist kleiner, sie hat die wirtschaftliche Produktion an die Unternehmung abgegeben, die Individuen stehen loser und freier in ihr, können ihr aber doch um so inniger und daneben andern Verbänden angehören. Die Arbeitsteilung ist riesenhaft gewachsen; sie scheidet und trennt den Menschen mehr, sie hat vielen Menschen eine geistlose, öde Spezialtätigkeit zugewiesen, in der Seele, Geist und Körper verkümmern; die Arbeitsteilung schafft größere, bewußtere Klassengegensätze; die Verknüpfung der Menschen durch die neuen Betriebsformen, Hausindustrie, Fabrik, Aktiengesellschaft, durch die neuen Formen des Staats-, Schul-, Gemeindedienstes hat diese Klassengegensätze gesteigert, aber die Individuen auch produktiver gemacht, ihre Arbeitsergebnisse erhöht, neue Vereine, Genossenschaften, Verbindungen geschaffen. Ich kann diese Dinge hier nicht erschöpfen. Nur durch ein paar Worte lassen Sie mich sie noch etwas illustrieren.

Die Menschen haben mit der modernen Technik überhaupt eine rationelle Wirtschaftsführung, das Buchführen, Kalkulieren und Spekulieren gelernt; sie sind erst wirtschaftlich, vorbedacht, fleißig, klug geworden. Sie fingen — mit der Geldwirtschaft — an, klare Wert- und Preisvorstellungen zu erwerben, von ihnen beherrscht zu werden. Sie lernten so erst für die fernere Zukunft zu sorgen, zu kapitalisieren; der moderne Erwerbstrieb bildete sich aus, zunächst bei Händlern und Unternehmern; er wurde bei manchen bald zur gemeinen Habsucht. Die dunkelsten Seiten unseres modernen Lebens haben hier ihren Ursprung; aber ohne diese psychologischen Umbildungen war die höhere Stufe des Wirtschaftlebens nicht zu erklimmen. Der Erwerbstrieb, die Sparsamkeit, das Rechnen bildeten sich zunächst nur bei den wirtschaftlich führenden Kreisen aus;

Bauer und Handwerker, Tagelöhner und Fabrikarbeiter blieben lange ohne diese Eigenschaften und wurden deshalb leicht mißhandelt und ausgebeutet. Wir arbeiten heute an der Ausgleichung dieser Zwiespältigkeit der wirtschaftlich-psychologischen Eigenschaften der Kulturvölker.

Mit dieser psychologischen Änderung steht die Ausbildung der modernen Betriebsformen, der wirtschaftlichen Unternehmungen in der Hand der Kaufleute, der großen Kapitalbesitzer, der großen Techniker in engstem Zusammenhang. Die freie Unternehmung ist heute die wichtigste Form der wirtschaftlichen Produktion und des Handels. Sie wurde durch die neue Technik zur Großunternehmung, zur modernen Fabrik, sie wurde das Hauptinstrument der verbesserten, verbilligten Mehrproduktion und des Welthandels. Es erwuchs damit das gebildete, freie Bürgertum mit seinem Besitz, seinem Reichtum, seinem Sinn für freie Bewegung, freie Konkurrenz, für politische Unabhängigkeit. Das höhere Bürgertum, in den modernsten Staaten jetzt der aktivste, fähigste, energischste Teil der Aristokratie, wurde vielfach die politisch herrschende Klasse; sie schob mehr und mehr den alten Feudaladel beiseite, bedrohte die alten Mittelstände: Hausindustrie und Handwerk sanken, verloren an Boden, ebenso der Kleinhandel. Auch der Bauernstand wurde bedroht, in England wurde er vom Geldkapital ausgekauft, der Betrieb kapitalkräftigen Großpächtern übergeben. In Deutschland haben der staatliche Bauernschutz, die agrarischen Reformgesetze, der langsamere Übergang in die neue Zeit ihn gerettet. Bayern kann sich besonders glücklich schätzen, einen breiten wohlhabenden Bauernstand heute noch zu besitzen. Überall entstand mit der Unternehmung der neue Geldlohnarbeiterstand, in Lohn- und Lebenshaltung von 1750 bis 1860 herabgedrückt, in den neuen Betriebsformen, in der Geldwirtschaft sich nicht zurechtfindend, in dem Verhältnis zum Unternehmer zuerst

noch halb wie ein Höriger behandelt, dann sich aufbäumend, um besseren Lohn und bessere Arbeitsbedingungen, um Schutz gegen Mißbräuche kämpfend.

So ist das Bild der neuen Volkswirtschaft naturgemäß nirgends freundliche *Harmonie* und *Ruhe*, sondern *Kampf* und *Reibung*: Kampf zwischen den Völkern um Welthandel und Absatz, Kampf zwischen den sozialen Klassen um Besitz und Einkommen, Recht und Gesetzgebung, Macht und Bildung. Atemlose Hetze des Erwerbs, schwere Mißbildung der freien Konkurrenz, allzu ungleiche Vermögens- und Einkommensverteilung, materialistischer Luxus, Frivolität, Auflösung der alten Moral, der alten Sitten, der alten Religionsvorstellungen, Klassenkämpfe aller Art.

Ich bemerkte einleitend schon, daß es noch nie eine Zeit großen technischen und wirtschaftlichen Fortschritts ohne solche Schwankungen, Auflösungen, Neuordnungen der Gesellschaft gegeben habe. Sie müssen heute größer sein als früher, weil die Veränderungen so viel tiefer greifende sind. Wir werden aber auch behaupten können, daß wir neben dem chaotischen Ringen und Gären überall schon die Neubildungen und die neuen künftigen besseren Ordnungen erkennen; sie sind nur noch nicht fertig. Aber was ist doch schon erreicht, zumal in unserm Vaterland: das *deutsche Reich* ist gebildet, Staat und Reich, Gemeinden und Korporationen, Vereine und Genossenschaften haben überall *neue Verfassungen*, ein *neues Leben* bekommen. Der ganze *moderne Staat* mit seinen *Beamten* und seiner *Armee*, seinen *Geldsteuern*, *Verkehrs-*, *Schulanstalten*, seinen Einrichtungen auf allen Gebieten, und ebenso unsere neuen großen Gemeindeverwaltungen mit ihren ausgedehnten Betrieben, Anstalten, ihren Schul- und Armenverwaltungen, ihrer tief eingreifenden Gesundheitspflege sind ebenso Resultate der modernen Großtechnik und halten dem Getriebe der Privatunternehmungen die

Wage; diese Neubildungen sind im Begriffe, durch ihre Macht, ihr Vermögen, durch ihre Gesetze und Ordnungen, durch ihre schiedsrichterlichen Funktionen über den sozialen Klassen und Parteikämpfen uns wieder Frieden und Ordnung zu bringen, den harmonischen Fortschritt zu erhalten.

In früheren Epochen der Menschheit haben die großen Fortschritte der Geldwirtschaft, der Technik, des Wohlstandes, der Staatsausdehnung stets im Zusammenhang mit den gesteigerten blutigen Klassenkämpfen die Tyrannei, den absoluten Staat, die Militärdiktatur und das harte Arbeitsrecht der Hörigkeit oder der Sklaverei gebracht. Uns ist es in der Gegenwart möglich gewesen, diesen technischen Fortschritt zu verbinden mit dem denkbar größten moralisch-politischen: wir sind zugleich vom absoluten Staat zum konstitutionellen, vom Staat der Privilegien und Vorrechte zu dem der Rechts- und Steuergleichheit, von der Unfreiheit der Arbeit zu ihrer Freiheit übergegangen. Wir haben uns auf der einen Seite dadurch das Problem erschwert, die Reibungen und Kämpfe vermehrt. Wir haben uns aber damit auch das Ziel unendlich viel höher gestellt.

Und wir werden die Kraft haben, es zu erreichen; wir haben so viel Gesittung und Rechtssinn, wir haben einen so hohen Wohlstand erreicht, daß es gelingen wird, zur neuen Technik die neuen verbesserten sittlichen und sozialen Ordnungen zu fügen. Unsere Regierungen sind stark und gerecht genug, Frieden zu stiften, die soziale Reform mit fester Hand durchzuführen. Und unsere Arbeiter haben nach der hundertjährigen Depression von 1750 bis 1850 seit nun 50 Jahren so viel bessere Löhne, sie sind geistig so vorangeschritten, daß sie sich doch zuletzt im Staate des gleichen Stimmrechts, der Koalitionsfreiheit, des Arbeiterschutzes wieder zurecht finden; sie werden lernen sich der neuen Gesellschaftsordnung friedlich und ohne zu

viel Reibung einzufügen. Aristoteles prophezeite einst, wir brauchten keine Sklaven mehr, d. h. die Gesellschaft werde freie Arbeiter ertragen können, wenn die Weberschiffchen allein gingen. So weit sind wir heute dank der Maschine. Sie hat uns so wohlhabend gemacht, daß wir den freien Arbeiter so erziehen, so lohnen, ihm ein solches Kulturniveau bieten können, daß politisch und wirtschaftlich mit ihm auszukommen sein wird. Gewiß ist es heute noch nicht so weit; die neuen Ordnungen sind noch nicht gelungen. Aber wir sehen doch, daß sie kommen, daß sie möglich sind.

Wir alle, Staat und Gesellschaft, obere und untere Klassen, Kapital und Arbeit, am meisten die zwischen Kapital und Handarbeit stehenden Staats- und Privatbeamten, alle Kopfarbeiter, alle liberalen Berufe, gerade auch die Träger des technischen Fortschrittes und der höheren technischen Arbeit haben das größte Interesse, über die heutigen sozialen Kämpfe, wie sie unser politisches Leben und unsere Volkswirtschaft bedrohen, Herr zu werden, zu Versöhnung und Ausgleich zu kommen. Und es ist nicht so schwer, wenn nur die Klassenleidenschaft oben und unten ermäßigt wird, wenn man sich gegenseitig besser verstehen lernt, wenn die Vernunft und die Billigkeit die Herrschaft behält, statt des Hasses und des Egoismus.

Lassen Sie mich nun über die sozialen Reibungen innerhalb der Unternehmungen noch ein Wort der historischen Erklärung sagen. Als die ersten 2 bis 3 Generationen kühner Kaufleute und glücklicher Techniker von 1770 an die ersten großen Fabriken gründeten, fanden sie in den proletarisierten Hausindustriellen, in verarmten Handwerkern und den überzähligen Söhnen von Kleinbauern ein ziemlich tief stehendes Arbeitermaterial. In den neuen rasch wachsenden, von der Konkurrenz stark bedrohten Fabriken, die meist baulich und hygienisch noch schlecht eingerichtet waren, in denen man bald Kinder und Frauen

beschäftigte, oft zu 12- und mehrstündiger Arbeit schritt, mußte zünachst eine harte eiserne von oben diktierte Disziplin herrschen. Es war von 1770 bis 1850 eher ein Überangebot von Arbeitern vorhanden, das auf den Lohn drückte; rasch vom Land in die Fabrikstädte gezogen, in sehr schlechten Wohnungen untergebracht, von Heimat, Verwandten getrennt, ohne Rat, ohne Stütze, einsam, sanken die Leute in der Stadt, in den Fabrikgegenden, zumal in der Industrie[1] mit niedrigen Löhnen, an Lebenshaltung und Lohn, an Moral und Gesittung herab; die Zustände wurden am schlimmsten da, wo die Geistlichkeit ihre sozialen Pflichten nicht erfüllte, wo das Armenwesen schlecht organisiert war, die Volksschulen ganz fehlten, wie letzteres z. B. in England der Fall war. Die technischen Fortschritte raubten oft 10 bis 30 vH der Arbeiter plötzlich die Arbeitsgelegenheit; Freizügigkeit bestand vielfach bis tief ins 19. Jahrhundert nicht oder nicht voll; von einem Arbeitsnachweis war nicht die Rede.

Aus diesen Zuständen heraus, die ihren Höhepunkt 1815 bis 1860 hatten, entstand die soziale Gärung, der Haß des Arbeiterstandes, die sozialistischen Theorieen, die Sozialdemokratie;—aber auch die Arbeiterschutzgesetzgebung, das Arbeiterversicherungswesen, die Arbeitergenossenschaften, die Arbeiterberufsvereine, die Verhandlungen zwischen den organisierten Arbeitern und Unternehmern, das Schiedsgerichtsverfahren, die Reform des Wohnungswesens, die hygienischen Einrichtungen, das Arbeiterbildungswesen.

Eine förmliche *Wiedergeburt des Arbeiterstandes*, um ein Wort von Karl Marx zu gebrauchen, vollzog sich, langsam beginnend seit den letzten 50 Jahren. Sie hat da ihre glänzendsten Resultate erreicht, wo mit höheren Löhnen die höhere Bildung, die bessere Ernährung, die bessere Kleidung und Erziehung und die selbstbewußte Organisation den Arbeiterstand am meisten hob; es ist überwiegend

da der Fall, wo eine hohe Technik den Arbeiterstand zugleich intelligenter, präziser, klüger gemacht hat: z. B. im Buchgewerbe, im Maschinenbau, in der Eisenindustrie.

Aber eines wurde damit nicht erreicht: der sich hebende Arbeiter wurde damit nicht gefügiger, er wollte noch weniger als früher von patriarchalischer Behandlung wissen: er war ein aufrechter, selbstbewußter Staatsbürger geworden; er diente als Soldat, er wählte, er las seine eigene Zeitung; er wollte die utopisch sozialistischen Ideale, die ihn im Kampfe um bessere Lebensbedingungen geführt, nicht plötzlich verleugnen. Er wäre sich damit schlecht und treulos vorgekommen. Stets hängt der Mensch am meisten an dem, was seinen Glauben ausmacht. Und das ist gut. Der Arbeiter konnte nicht einsehen, daß seine Ideale utopisch seien, daß er neben ehrlichen, tüchtigen, aufopfernden Führern auch Demagogen und Hetzern gefolgt sei. Er war politisch und historisch nicht geschult genug, um nicht auf eine politische Revolution zu hoffen, wie das ähnlich der bürgerliche Liberalismus und Radikalismus von 1789 bis 1860 in ganz Westeuropa, einschließlich Englands, getan hatte.

Es wird sicher resultatlos bleiben, heute dem Sozialdemokraten, dem organisierten Arbeiter seine Ideale und seine Führer nehmen zu wollen, ihn zuerst von innen heraus bekehren zu wollen. Er ist nur zu versöhnen, wenn man ihm zunächst seine Utopien läßt, aber praktisch mit ihm paktiert und verhandelt, mit ihm seine Arbeitsverfassung, seine tägliche Arbeitzeit, die Frauen- und Kinderarbeit, die Lohnzahlungsmethoden, die Erziehung seiner Kinder zu verbessern sucht; wenn man ihm seine Arbeiterberufsvereine, sein Koalitionsrecht anerkennt, aber zugleich durch Ausbildung von Schiedsgerichten, durch Tarifverträge, durch ein gerechtes Gesetz über die Arbeiterberufsvereine die Schattenseiten des Koalitionsrechtes einschränkt. Nur langsam, Schritt für Schritt, kann man wieder zu normalen Arbeiter-

verhältnissen kommen. Aber es ist doch nicht so schwer und es ist die Bedingung, unter der wir allein den Sieg auf dem Weltmarkt erringen können. Wenn wir den Engländern und Amerikanern den Vorsprung in der sozialen Versöhnung überlassen, so werden wir von ihnen geschlagen werden.

Die Versöhnung wird durch eines erleichtert werden: an die Stelle der herrschaftlichen großen Einzelgeschäfte treten immer mehr Aktiengesellschaften, Kartelle, Trusts, Riesenunternehmungen, Staats- und Kommunalbetriebe. Sie werden nicht mehr von Individuen und ihrer Leidenschaft, sondern von Kollegien und Beamten regiert. Unsere großen Aktien-, Riesen-, Staatsunternehmungen haben neben den Arbeitern heute eine wachsende Beamtenzahl, Techniker, Chemiker, Kaufleute, Werkmeister und Unterbeamte aller Art. Die private Beamtenschaft unserer Unternehmungen stieg 1882 bis 1895 in Deutschland von 307 268 auf 621 825, sie wird heute vielleicht schon eine Million ausmachen, sehr viel mehr als es Staats- und Gemeindebeamte gibt. Auch in dieser Schicht ist eine ernste soziale Gärung entstanden, auch sie ringt nach höherem Einkommen, besserer Behandlung, größerer wirtschaftlicher Sicherheit. Die Neuordnung der Stellungen, die Versöhnung wird hier leichter gelingen, als mit den Arbeitern, und sie wird zum Vorbild für die Behandlung der Arbeiter werden. Die hier geschaffenen Rechtsformen werden auf sie übertragen werden, wie wir schon im Staatseisenbahnwesen, Salinenwesen, in den Kommunen vielen tausenden von Arbeitern Beamtenqualität gegeben haben. Soweit das nicht möglich ist, wird die Schule des Vereinslebens, wird die Gewerkschaftsorganisation die Arbeiter zu erziehen haben; sie werden hier wieder lernen, einer Art Aristokratie, ihren selbstgewählten Führern zu gehorchen; und mit diesen Elementen werden die Unternehmer paktieren, vernünftige Arbeits- und Tarifverträge schließen können.

Alle die großen Unternehmungen werden nach und nach den Charakter halböffentlicher Anstalten bekommen; in ihrer Leitung werden mehr und mehr neben den großen geschäftlichen auch große soziale Gesichtspunkte Platz greifen. Je größer, dauernder diese Anstalten werden, je mehr sie eine Art gesicherter Monopolstellung erhalten, desto mehr werden sie, wie Staat und Gemeinde, in der Lage sein, auch gut für ihre Leute zu sorgen; sie werden, je mehr sie das tun, die besten Arbeitskräfte erhalten. Und so wird — freilich erst in langer Arbeit — die soziale Spannung ermäßigt werden können, die heute auf uns lastet. —

Ich bin am Ende meiner Ausführungen. Ich möchte sie in einem Bilde zusammenfassen. Das Zeitalter der Maschinentechnik hat der Menscheit ein neues unendlich viel besseres und sehr viel schöneres Wohnhaus geschenkt und wird dasselbe im Zukunft noch ganz anders ausbauen. Aber die Menschen, die Parteien, die Klassen haben die neuen Lebensordnungen für die richtige Benutzung dieses Hauses noch nicht gefunden, sie streiten sich um die Räume, während sie einsehen sollten, daß sie in erster Linie zugleich besser, gesitteter, klüger werden müssen, um die neuen Einrichtungen richtig zu benutzen. Sprechen wir unsern Dank und unsere Verehrung den Männern aus, die uns das Haus bauten. Aber vergessen wir nicht, daß wir Regierungen, Beamte, Gelehrte, Parteiführer, Schriftsteller, Künstler, Priester und Geistliche brauchen, die den Frieden und die Mäßigung predigen, die das neue Geschlecht für das neue Wohnhaus erziehen. Die Sozialpolitiker, zu denen ich mich rechne, wollen an ihrem Teil nur dazu beitragen, daß die richtige Benutzungsordnung dieses Hauses gefunden und gerecht gehandhabt werde. Die großen Techniker sind uns unentbehrlich, aber auch der Kräfte bedürfen wir, die zu dem technischen den sozialen, den sittlichen, den politischen Fortschritt, die neuen besseren Institutionen fügen.

NOTES.

The heavy figures refer to pages, the light figures to the numbers of the notes.

Chemistry.

1. 1. **also,** 'thus,' 'therefore'; it never means 'also' in English; the German for the English 'also' is *auch.* — 2. **Die Eigenschaften des Stoffs zu studieren** = *zu studieren die Eigenschaften des Stoffs,* or *das Studieren der Eigenschaften des Stoffs.* — 3. **sie** refers to **die Physik; dass sie,** etc. is a substantive dependent clause governed by a preposition; such clauses are often best rendered by omitting **dass** and at times also the subject and changing the finite verb to the present participle; translate: 'without taking into consideration, etc.' — 4. **lassen sich . . . verfolgen;** [they] let themselves, or allow themselves to be pursued; that is, [they] can or may be pursued.

2. 1. **ableiten,** 'derive.' — 2. **der Pflanzensaft,** 'vegetable juice.' — 3. **gelangen,** 'arrive,' a regular verb, to be distinguished from *gelingen,* 'succeed.' — 4. Dative. — 5. **könne,** subjunctive in indirect discourse, expressing the thought of another than the writer or speaker; translate: 'which, it was thought, could, etc.' — 6. **annehmen,** 'assume.' — 7. **Robert Boyle,** born at Lismore Castle in the province of Munster, Ireland, in 1627; one of the greatest natural philosophers of his age; he died in 1691.

3. 1. **zog . . . in den Kreis der chemischen Forschung,** 'drew' or 'brought within the sphere of chemical research.' — 2. **diese für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen, bis dahin nicht gewürdigten Substanzen,** 'these substances exceedingly important for the knowledge of nature and not appreciated till then.' The following rules are of great importance: I. Adjectives used attributively must be *preceded* by all their modifying adjuncts; cf. *für die Kenntnis der Natur überaus wichtigen.* Whitney's Grammar, § 147, 2. II. In participial clauses the *participle* usually stands *last,* being *preceded* by all its modifying adjuncts, that is, by all that limits it or is dependent on it; cf. *bis dahin nicht gewürdigten.* Whitney's Grammar, § 358. It will be seen that

the German order is the reverse of the English. It is sometimes advisable and often necessary to translate such adjective phrases and participial clauses by relative clauses; thus (page 18, line 32), *mit der in der Glocke nach dem Erhitzen des Quecksilbers zurückgebliebenen Luft*, 'with the air which had remained in the bell-jar after the heating of the mercury.' — 3. **aufstellen,** 'establish.' — 4. **Georg Ernst Stahl,** born at Ansbach, near Nuremberg, in 1660, died at Berlin in 1734. — 5. **Phlogiston,** from φλογιστός, 'burned,' 'set on fire,' from φλογίζειν, 'to set on fire.' The hypothetical principle of fire or inflammability, regarded by Stahl as a chemical element. This was supposed to be united with combustible (phlogisticated) bodies and to be separated from incombustible (dephlogisticated) bodies, the phenomena of flame and burning being the escape of phlogiston. The essential principle of this theory was that combustion was a decomposition rather than the union and combination which it has since been shown to be. — 6. **Henry Cavendish,** the son of Lord Charles Cavendish, born at Nice in 1731; his merits in science were more generally recognized on the Continent; he died in 1810. — 7. **nachweisen,** 'prove.' — 8. **Joseph Black,** born at Bordeaux, but of Scotch descent, in 1728; professor of chemistry at Glasgow University in 1756; he died in 1799. — 9. **Joseph Priestley,** born in 1733 at Fieldhead near Birstal, in the West Riding of Yorkshire; "no one obtained more important results or threw more light upon the chemical existence of a number of different gases than Priestley"; yet the limit of his growth of power is seen by his clinging to the phlogiston theory; he died in 1804. — 10. **Karl Wilhelm Scheele,** born at Stralsund, the capital of Pomerania, which then belonged to Sweden, in 1742. In 1770 he went to Stockholm; he was one of the most eminent chemists of his age; he died in 1786. — 11. **Antoine Laurent Lavoisier,** one of the founders of modern chemistry, was born in Paris in 1743. His first public distinction was gained on the occasion of a prize offered by the Academy of Sciences for an essay on the best mode of lighting the streets of Paris. To increase the sensitiveness of his eyes, he immured himself for six weeks in a room hung with black, from which all light was excluded except that of the lamps experimented upon. His zeal was rewarded with the gold medal in 1776. On May 2, 1794, a frivolous accusation was presented against Lavoisier and others whose wealth constituted in the eyes of the revolutionary tribunal an unpardonable crime. On May 6 he was condemned to the guillotine, and two days later he was executed. An account of his discovery of oxygen will be found in XI. — 12. **einsetzen,** 'set up,' 'establish.' — 13. **die Wage,** 'balance.' — 14. **Karl**

Friedrich Wenzel, born at Dresden in 1740; "he made some very careful chemical experiments, particularly on the mixture of solutions of various salts"; his claim for remembrance rests on one of his *Vorlesungen über die chemische Verwandtschaft der Körper.* He died in 1793. — 15. **John Dalton,** founder of the atomic theory of chemistry, was born at Eaglesfield near Cockermouth in Cumberland in 1766; he died in 1844. — 16. **Gay-Lussac,** one of the most distinguished of modern physicists and chemists, was born in France at St. Léonard in the department of Haute-Vienne in 1768; he died in 1850.

4. 1. After **hervorgegangen** supply *ist;* the auxiliary verb in a dependent clause (transposed order) is often omitted. — 2. **das Eisenoxyd,** 'peroxide of iron.' — 3. **gelingen,** irregular verb; cf. note on 2, 3.

5. 1. **seine Zuflucht nehmen zu . . .,** 'have recourse to . . .' — 2. **z. B.** = *zum Beispiel,* 'for instance.' — 3. **also**; cf. note on 1, 1. — 4. **vor sich gehen,** 'occur,' 'take place.' — 5. **Liter,** and *not* **Litern,** although the preposition *mit* governs the dative. "Masculine and neuter nouns used to express measurement, of extent, quantity, weight, or number, generally stand in the singular instead of the plural after numerals." Whitney's Grammar, § 211, 2. — 6. Inverted order to express the conditionality of a statement, that is, to add the meaning of *if.* Whitney's Grammar, § 433.

6. 1. **festsetzen,** 'fix,' 'establish'; cf. note on 5, 6. — 2. The neuters singular *es, das, dies* [*dieses*] are often used as the subjects of the verb *sein;* the following noun or nouns may be of a different gender or number, but the verb must agree with the noun in number: as, *das sind meine Blumen,* 'those are my flowers'; *dies waren die grossen Schlachten,* 'these were the great battles.' — 3. **d. h.** = *das heisst,* 'that is', 'that is to say.' — 4. Cf. note on 3, 2.

7. 1. **Jöns Jakob Berzelius,** one of the most illustrious of modern chemists, was born at a farm near Wäfversunda, in Östergötland, Sweden, in 1779. He was one of the first persons in Europe to observe the greatness of the discovery of the Italian Volta. In 1808 he was elected president of the Academy of Sciences in Sweden, and two years later he brought out his famous treatise: "*On the fixed Proportions and Weights of Atoms.*" After Linnæus' his is considered to be the greatest name in science of which Sweden can boast; he died in 1848. — 2. **die Leitungsfähigkeit,** 'conductibility.' — 3. Cf. note on 6, 3.

8. 1. **angehören,** 'belong,' 'appertain'; cf. *hören,* 'hear'; *zuhören,* 'listen'; *aufhören,* 'stop'; *gehören,* 'belong.' — 2. **deren** refers to *Thatsachen.* The demonstrative pronoun *der* (genitive plural *deren*) is used also as a relative pronoun.

9. 1. **Justus von Liebig** was born in Darmstadt in 1803. "At the age of fifteen he entered the shop of an apothecary to study chemistry. He soon found out how great is the difference between practical pharmacy and scientific chemistry. Later he went to the University of Erlangen which he left in 1822 with the degree of Ph.D.; he continued his chemical studies in Paris where he attended the lectures of Gay-Lussac who on Humboldt's recommendation admitted him into his private laboratory as a pupil. In 1826 he was appointed professor of chemistry in the University of Giessen, a position which he held for twenty-five years, notwithstanding the most tempting offers from other universities. He began by remedying the evil which as a student he had himself felt. He induced the Government to build a chemical laboratory in which any student of the university might obtain a thorough practical training. During his stay at Giessen he contributed to scientific journals more than two hundred articles and published his works on organic analysis, organic chemistry, chemistry applied to physiology and agriculture, and many smaller treatises. In 1852 he became professor of chemistry in the University of Munich; this position he held till his death in 1873."

10. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. Why not *nimmt . . . an?* — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Cf. note on 3, 2.

11. 1. A list of the symbols of the most important elements and of their atomic weights will be found on page 169. — 2. Why not *finden . . . statt?* — 3. **der Kolben,** 'alembic.' — 4. Supply *Vorgänge.* — 5. **des Werdens;** *werden,* like other infinitives, is often used as a noun. *Das Werden,* 'the origin,' 'the origination,' 'the process of coming into existence'; it is the opposite of *das Vergehen* in the sense in which the latter is used here. — 6. The infinitive with *zu* often stands after *sein,* 'to be,' and has the logical value of an infinitive passive: thus, *ist . . . zurückzuführen,* 'is to be traced back.' — 7. **dabei,** 'at the same time.'

12. 1. **der Hochofen,** 'smelting furnace,' 'blast furnace.' — 2. **das Gusseisen,** 'cast iron'; cf. *giessen,* 'pour,' 'cast,' 'mould.' — 3. **zerbröckeln,** 'crumble'; cf. *der Brocken,* 'crumb,' and *brechen,* 'break.' — 4. **die Ackererde,** 'arable soil.' — 5. Cf. note on 3, 2.

13. 1. **sich hüten,** 'take care.' The third person singular, and the first and third person plural, of the present subjunctive are often used in the sense of the imperative. — 2. **nach allen Richtungen hin,** 'in all directions,' 'in every sense.' Adverbs of direction, especially *hin, her, zu,* and their compounds, often follow a noun governed by a preposition to make the statement expressed by the preposition more emphatic or

definite; thus, *aus der Brust heraus*, 'forth from the breast.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **kann . . . übergegangen werden** = *kann man . . . übergehen*, 'one (he) can turn.' — 6. **das Entgelt**, 'recompense.'

14. 1. The modal auxiliaries (*dürfen*, *können*, *mögen*, *sollen*, *wollen*, *müssen*) and at times a few other verbs, like *sehen*, *hören*, and *lassen*, when used in connection with the infinitive of another verb, substitute the infinitive for the past participle in the perfect and pluperfect tenses and in the perfect infinitive; thus, (*sie*) *hätten erspart werden können* instead of (*sie*) *hätten erspart werden gekonnt*, literally '(they) might have been able to be saved'; that is, 'they might or could have been saved.' — 2. The neuter *es* often begins a sentence and the real subject is then placed after the verb (inverted order); *es* is in such cases either untranslatable or answers to the English *there;* the verb agrees in number with the following noun (the real subject). Cf. note on 1, 4 for **lassen sich . . . aufstellen.** — 3. Cf. note on 14, 1. — 4. The following pages on the 'Discovery of Oxygen' form part of an article written by Dr. M. A. Olschanetzky of Odessa, Russia, and published in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge*, herausgegeben von Rud. Virchow und W. Wattenbach. Neue Folge. V. Serie. 1891. — 5. Cf. note on 3, 9. — 6. Cf. note on 3, 10. — 7. Cf. note on 3, 11.

15. 1. **mag dasselbe noch so wichtig sein**, 'however important the same may be.' — 2. Dative. — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Why not *nahm ein?* — 5. **das Verkalken** or **die Verkalkung**, 'calcination.' — 6. Cf. note on 1, 1. — 7. **beraubt**, 'deprived,' cf. *bereft;* supply *werden.*

16. 1. A few transitive verbs, like *nennen* and *heissen*, govern two accusatives; the second accusative may be considered as an objective predicate, denoting the name or title given. — 2. **wägbar**, 'weighable.' — 3. **u. s. w.** = *und so weiter*, 'and so on.' — 4. Cf. note on 16, 1.

17. 1. No distinction seems to be made here between *Kolben*, 'alembic,' and *Retorte*, 'retort' (line 12). — 2. **neigen**, 'incline.' — 3. **der Haken**, 'hook.' — 4. **umbiegen**, 'bend,' 'turn back.' — 5. **die Glasglocke**, 'bell-glass,' 'bell-jar.' — 6. **die Wanne**, 'tub,' 'pail,' 'bath.' — 7. **Aufkleben**, 'paste on'; the infinitive is here used as a noun. — 8. Accusative. — 9. **das Teilchen**, 'particle.'

18. 1. **auslöschen**, 'extinguish,' 'put out.' — 2. Cf. note on 3, 2. — The constructions of **der . . . Luft** and **ein . . . Gemisch** are explained by the same note.

19. 1. **Untersuchen wir,** 'let us examine.' — 2. **zustande kommen,** 'take place,' 'come to pass.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **das Blutkörperchen,** 'blood corpuscle' (Latin *corpusculum*, diminutive of *corpus*, 'body').

20. 1. The past participle is often used appositively, to describe a state or express conditionality; **eingeatmet,** 'if inhaled.' — 2. **wirkt . . . anregend,** 'acts in a stimulating way,' 'has a stimulating effect'; *anregend* is here used adverbially.

Physics.

21. 1. **eingreifen in . . .,** 'interfere with.'

22. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **zu Grunde liegen,** 'to lie at the foundation,' 'underlie.' — 3. **herleiten,** 'derive,' 'deduce'; cf. note on 1, 4. — 4. **Thales of Miletus,** the founder of Greek geometry, astronomy, and philosophy, was born 640 B.C., died 546 B. C. — 5. **Anaximenes of Miletus** lived near the middle of the sixth century B.C. He believed that the air was the original elementary cause of all things, that it maintained the universe even as breath, which is our life and soul, sustains us. — 6. **Archimedes,** the greatest mathematician of antiquity, was born at Syracuse, in Sicily, about 287 B.C. He established the science of engineering upon a solid mathematical basis. The fundamental principle that a body immersed in a liquid sustains an upward pressure equal to the weight of liquid displaced, is still known by his name. His estimate of the capabilities of the lever is expressed in the words attributed to him: "Give me a fulcrum on which to rest, and I will move the earth." The so-called screw of Archimedes, a machine for raising water, is said to have been invented by him, for the purpose of removing water from the hold of a large ship that had been built by King Hiero, of Syracuse. When the city of Syracuse was taken by the Romans in the year 212 B.C., a general massacre of the inhabitants took place. Archimedes, while engaged in drawing a mathematical figure on the sand, was run through the body by a Roman soldier. — 7. Nothing certain is known of the dates of the birth and death of **Euclid.** About the year 300 B.C. he began to teach mathematics in Alexandria during the reign of Ptolemaeus Soter, king of Egypt (305–285 B.C.). "The fact that for twenty centuries the *Elements* of Euclid, or parts of them, have held their ground as an introduction to geometry is a proof that

they are, at any rate, not unsuitable for such a purpose." — 8. **Hero of Alexandria**, one of the most famous mathematicians and mechanics of antiquity, lived about 100 B.C. His name has been preserved in the well-known experiment of Hero's fountain, in which, by means of condensed air, water is made to spring from a jet in a continuous stream. — 9. The great philosopher **Pythagoras** was born about the year 582 B.C. at Samos, one of the islands in the Aegean Sea, near the mainland of Asia Minor. He raised mathematics to the rank of a science; he made numbers the basis of his philosophical system, and united the study of geometry with that of arithmetic. He died near the end of the sixth century B.C. His followers were called Pythagoreans. — 10. **Scholasticism** in the widest sense extends from the ninth to the end of the fourteenth century; the final disappearance of ancient philosophy may be dated about the beginning of the sixth century of our era; the Athenian schools were closed by order of the emperor Justinian in 529. Charlemagne or Charles the Great (born in 742, died in 814) by imperial decree commanded the establishment of schools in connection with every abbey in his realms. Episcopal schools were established at Lyons, Orleans, St. Denis, and cloister schools at Tours, Fulda, and many other places. Moreover there existed the older monasteries of St. Gall and Reichenau. These schools became the center of mediaeval learning and speculation, and from them the name Scholasticism is derived. Generally speaking, in Scholastic philosophy reason is subject to authority; from the side of the church this characteristic is expressed in the saying that reason has its proper station as the handmaid of faith (*ancilla fidei*). Nevertheless this principle of the subordination of reason wears a different aspect according to the century and writer referred to.

23. 1. **so sorgfältig . . . auch**, 'however carefully.' — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. **Nicolaus Copernicus** was born in 1473 at Thorn in Prussia; his father, of German (Silesian) descent, was a native of Cracow in Poland. The preparation of his great work, *De orbium coelestium revolutionibus*, occupied him from about 1507 to 1530. Being aware that he set forth truths hitherto unknown to science and impugned the rights of time-honored dogmatism, he delayed the publication of the book. At length yielding to the entreaties of his friends, the manuscript was printed at Nuremberg. The impression had just been completed when Copernicus died in the year 1543. — 4. **Galileo Galilei** was born at Pisa, in Italy, February 18, 1564. The day of his birth was the day of the death of **Michel Angelo Buonarotti**. "The story according to which Galilei, rising from his knees after repeating

the formula of abjuration, stamped on the ground, and exclaimed, '*E pur si muove*,' seems to be entirely apocryphal." Galilei died in 1642, the same year in which **Isaac Newton** was born. — 5. **Gilbert** or **William Gilberd** was one of the most distinguished men of science during the reign of Queen Elizabeth (1558–1603). — 6. **John Kepler,** one of the founders of modern astronomy, was born in 1571 at Weil in the duchy of Württemberg. The most important work of his was entitled *Astronomia nova seu Physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis*. In this work two of the cardinal principles of modern astronomy — the laws of elliptical orbits and of equal areas — were established; important truths relating to gravity were enunciated, and the tides ascribed to the influence of lunar attraction. Kepler died, after suffering untold hardships and disappointments, in the year 1630, eighteen years before the close of the terrible Thirty Years' War. — 7. Cf. note on 5, 6. — 8. **entgegentreten,** 'obstruct,' 'stand in the way of.' — 9. Dative, governed by the verb.

24. 1. **Willebord Snell,** astronomer and mathematician, was born at Leyden in the Netherlands, province of South Holland, in 1591. He discovered the law of refraction which, however, is generally attributed to Descartes; he died in 1626. — 2. **René Descartes** was born at La Haye, in Touraine, France, in 1596, and died at Stockholm in 1650. Between the ages of thirty-three and fifty-three he lived almost entirely in Holland. In 1649 he went to Sweden. His philosophical works are numerous and important. — 3. **Otto von Guericke,** distinguished by his original discoveries of the properties of air, was born at Magdeburg in 1602. Having studied law and mathematics, especially geometry and mechanics, at various universities, he visited France and England. In 1627 he was elected alderman in Magdeburg. After the city had been stormed and plundered by Tilly in 1631, Guericke took up the profession of engineer-in-chief at Erfurt. In 1646 he became mayor of Magdeburg. Incited by the discoveries of Galileo and others, he attempted the creation of a vacuum, a desideratum in science from before Aristotle. He began by experimenting with a pump on water placed in a barrel, but found that when the water was drawn off the air permeated the wood. He then took a globe of copper fitted with pump and stopcock, and discovered that he could pump out air as well as water. Thus he became the inventor of the air-pump. He died in 1686. — 4. **Christiaan Huygens** was born at the Hague in Holland in 1629. His application of the pendulum to regulate the movement of clocks was a fruit of his astronomical studies, springing, as it did, from his experience of the need for an exact meas-

ure of time in observing the heavens. His researches in physical optics constitute his chief title to immortality. He died at the Hague, after spending many years in France, in 1695. — 5. **Sir Isaac Newton,** one of the greatest of natural philosophers, was born in 1642 at Woolsthorpe, a hamlet in the parish of Colsterworth, Lincolnshire. Newton's thoughts were early directed to the subject of gravity. Voltaire is the authority for the well-known anecdote about the apple. How much truth there is in it can never be known, but until 1820 tradition marked a tree at Woolsthorpe as that from which the apple fell; then, owing to decay, the tree was cut down and its wood carefully preserved. Newton died in 1727. — 6. **Benjamin Franklin,** one of the most eminent journalists, diplomats, and philosophers of his time, was born in Boston on January 17, 1706. He was the first to demonstrate that lightning and electricity were one. He died in Philadelphia in 1790. — 7. **die Ladung,** 'charge'; **die Entladung,** 'discharge.' — 8. **Charles Augustin Coulomb** was born at Angoulême, France, in 1736.

25. 1. Cf. note on 3, 8. — 2. Cf. note on 3, 15. — 3. **Luigi Galvani,** an eminent Italian physiologist, after whom galvanism received its name, was born at Bologna in 1737; he died in 1798. — 4. Genitive singular, depending on *die Entdeckung*. — 5. **die Zuckung,** 'convulsion.' — 6. **Alessandro Volta** was born at Como in 1745; in 1779 he was appointed professor of physics in Pavia. Napoleon called him to Paris in 1801 to show his experiments on contact electricity, and a medal was struck in his honor. Volta died in 1827. — 7. **William Nicholson,** born in London in 1753 and died in 1815. — 8. **Sir Humphrey Davy,** the famous natural philosopher, was born in 1778 at Penzance in Cornwall. His first scientific discovery was that of the existence of silica in the epidermis of the stems of reeds, corn, and grasses. He invented a safety-lamp against accidents from explosions of fire-damp in coal mines. He died in 1829. — 9. **Hans Christian Örsted,** born at Rudkjöbing on the island of Langeland in Denmark in 1777. He owes his world-wide reputation to his discovery of the deflection of the magnetic needle by the electric current. In 1806 he was appointed professor of physics at the university of Copenhagen. He died in 1857. — 10. **André-Marie Ampère,** the founder of the science of electro-dynamics, was born at Lyons in January 1775. "In 1820 he heard of the discovery of Professor Örsted at Copenhagen that a magnetic needle may be deflected by a voltaic current. In the same year he presented a paper to the Academy, containing a far more complete exposition of the phenomenon, showing that magnetic effects can be produced, without magnet, by aid of electricity alone. In particular he showed that two wires con-

necting the opposite poles of a battery attract or repel each other according as the currents pass in the same or in opposite directions. He anticipated the invention of the electric telegraph, having suggested in 1821 an apparatus of the kind with a separate wire for each letter." Ampère died at Marseilles in 1836. — 11. **François Jean Dominique Arago**, one of the most celebrated physicists of the first half of the present century, was born in 1786 at Estagel, a small village near Perpignan, in the department of the Eastern Pyrenees. In 1816, along with Gay-Lussac, he commenced a monthly journal of science, the *Annales de Chimie et de Physique*, which soon acquired that high scientific reputation which it has always maintained. At all times he distinguished himself by the boldness and ardor with which he defended his liberal political opinions; he refused to take the oath of allegiance to the government of Louis Napoleon. Many of the most creditable national enterprises under Louis Philippe were due to the advocacy of Arago, for instance the reward to Daguerre for his wonderful invention of photography. Arago died in 1853.

26. 1. **Thomas Johann Seebeck,** born at Reval, capital of Esthonia, Russia, in 1770. He studied in Berlin and Göttingen. His publications are found in Gehlen's *Journal für Chemie*, in Schweigger's *Journal für Physik*, and in *Abhandlungen der berliner Akademie* (1819–1827). He died in 1831 in Berlin. — 2. **Michael Faraday,** chemist, electrician, and philosopher, was born at Newington, Surrey, in 1791, and died at Hampton Court in 1867. — 3. **Friedrich Heinrich Alexander, Baron von Humboldt,** was born at Berlin, 1769. He was one of the greatest naturalists of the world. Spanish America was the scene of his first explorations. In 1799 he was at Teneriffe, the largest of the Canary Islands, for the ascent of the Peak, locally known as the *Pico de Teyde*, the highest point of which is 12,200 feet over the sea; later in the same year he landed at Cumana in Venezuela. There he observed on the night of the 12–13th November that remarkable meteor shower which forms the starting point of our acquaintance with the periodicity of the phenomenon. Humboldt's discovery of the decrease in intensity of the earth's magnetic force from the poles to the equator was communicated to the French Institute in a memoir read by him in 1804. In 1829 he traversed the wide expanse of the Russian empire from the Neva to the Yenesei, accomplishing in twenty-five weeks a distance of 9614 miles. Humboldt died in 1859. The first centenary of his birth was celebrated September 14, 1869, with equal enthusiasm in the New as in the Old World. — 4. **Christopher Hansteen,** astronomer and physicist, was born at Christiania, Norway, in

1784. He superintended the trigonometrical and topographical survey of Norway, begun in 1837. He was professor of astronomy and applied mathematics in the university of Christiania, in which city he died in 1873.—5. **Carl Friedrich Gauss,** an eminent German mathematician, was born at Brunswick in 1777. With Weber's assistance he erected in 1833 at Göttingen a magnetic observatory free from iron, where he made magnetic observations, and from this same observatory he sent telegraphic signals to the neighboring town, thus showing the practicability of an electro-magnetic telegraph. Gauss died at Göttingen in 1855.—6. Cf. note on 24, 4.—7. **Thomas Young,** one of the most remarkable figures alike in literature and science, belonged to a Quaker family of Milverton, Somerset, and was born in 1773. He was appointed by the Royal Institution professor of natural philosophy in 1802. His celebrated *Course of Lectures on Natural Philosophy*, published in 1807, is a work which is even now regarded as a valuable authority. He died in 1829.—8. **Augustin Jean Fresnel,** an eminent French physicist, born at Broglie in the department of Eure, in 1788, died in 1827.—9. Cf. note on 16, 3.—10. **Étienne Louis Malus,** the discoverer of the laws of the polarization of light by reflection, was born at Paris in 1775; died in 1825. His death was deeply lamented by his colleagues and the lovers of science in all countries, who said of him that if his life had been prolonged we should at last "have known something" of the laws of nature.—11. Cf. note on 25, 11.—12. Cf. note 1, above.—13. **Macedonio Melloni,** a distinguished physicist, was born at Parma in 1798; he died in 1854.—14. **Julius Robert von Mayer** was born at Heilbronn in the kingdom of Württemberg in 1814. He claims recognition as an independent *a priori* propounder of the "first law of thermo-dynamics," but more especially as having early and ably applied that law to the explanation of many remarkable phenomena, both cosmical and terrestrial. He died in 1878.—15. **James Prescott Joule** was born at Salford, the borough of the city of Manchester, England, in 1818. His most important works are *Discovery of the Laws of the Evolution of Heat by Electricity* and *Discovery of the Mechanical Equivalent of Heat.*

27. 1. **umgekehrt,** 'reversely.'—2. This article [VI] is taken from the Introduction to *Die elektrischen Maschinen* by Professor E. R. Müller of Marne, Holstein, in Prussia, and published in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge* of the year 1891.—3. Cf. note on 26, 5.—4. **Fernsprecheinrichtungen,** 'telephone appliances'; cf. *fern*, 'far,' 'at a distance'; *sprechen*, 'speak'; *die Einrichtung*, 'appliance,' 'arrangement,' 'contrivance.'—**der Fernsprecher,** 'telephone.'

28. 1. **jedwedem** = *jedem* or *jedermann*, 'to every one.' — 2. **die Störung,** 'disturbance,' 'derangement.' — 3. **Papierschnitzelchen,** 'little pieces of paper'; cf. *Schnitzelchen*, 'a little piece,' 'shred,' and *schnitzen*, 'carve,' 'cut.' — 4. **Metallflitter,** 'thin [glittering] metal plates'; cf. *Flittergold*, 'tinsel,' 'leaf gold.' — 5. **Holundermarkstückchen**; cf. *das Stückchen*, 'small piece'; *das Mark*, 'marrow,' 'pith'; *der Holunder*, 'elder tree.' — 6. **anziehen,** 'attract.' — 7. **abstossen,** 'repel.' — 8. **u. dgl. m.** = *und dergleichen mehr*, 'and so forth.'

29. 1. **jeweilig,** 'respective.' — 2. **der Bernstein,** 'amber'; in Latin *electrum*, from ἤλεκτρον akin to ἠλέκτωρ, 'the beaming sun.'— 3. Cf. note on 23, 5. — 4. **das Harz,** 'resin.' — 5. **nachweisen,** cf. note on 3, 7. — 6. Cf. note on 3, 2. — 7. Cf. note on 24, 3. — 8. Dative.

30. 1. **u. v. a.** = *und viele andere*, 'and many others.' — 2. **dielektrisch,** 'dielectric'; any substance or medium that transmits the electric force by a process different from conduction, as in the phenomena of induction; a non-conductor, separating a body electrified by induction, from the electrifying body. — 3. **Streng genommen,** literally 'taken strictly,' that is, 'strictly speaking,' or 'in the strict sense of the word.' — 4. Cf. note on 3, 2.

31. 1. Cf. note on 5, 6. — 2. **die Glasröhre,** 'glass tube,' 'glass rod.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **die Glaselektricität,** 'vitreous electricity.' — 5. **die Harzelektricität,** 'resinous electricity.' — 6. This article forms part of a treatise found in *Das neue Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.* Zweiter Band. *Physikalische Technologie.* — 7. **der Wendepunkt,** 'turning point.' — 8. **ehern,** 'brazen.'

32. 1. **hetzen,** 'hunt,' 'set upon.' **fangen,** 'catch,' 'capture.' **quälen,** 'torment.' **schälen,** 'peel.' **köpfen,** 'behead.' — 2. **angehen,** 'pass,' 'be endurable.' — 3. **sich gefallen lassen,** literally 'allow one's self to be pleased with,' that is, 'consent to,' 'put up with.' — 4. **der Riemen,** 'strap,' 'thong.' — 5. **die tückische Schlinge,** 'treacherous snare.' — 6. **den . . . Frosch**; cf. note on 3, 2. — 7. **der Hanswurst,** 'clown.'

33. 1. **an der** = *an welcher.* — 2. **eine Anzahl . . . Frösche,** 'a number of frogs which had been skinned for this purpose.' **abhäuten**; cf. *die Haut.* — 3. Dative. — 4. **müsse,** subjunctive of indirect discourse. — 5. **geraten,** 'get,' 'fall,' 'come.' *geraten* must be distinguished from *raten*, 'advise,' also 'guess,' and *erraten*, 'guess.'

34. 1. **zusammenzucken,** 'quiver.' From documents in the possession of the Institute of Bologna it appears that Galvani had been long before that time engaged in investigations as to the action of electricity upon the muscles of frogs. The observation that the sus-

pension of certain of these animals on an iron railing by copper hooks caused twitching in the muscles of their legs led him to the invention of his metallic arc, the first experiment with which is described in the third part of the *Commentary*, wherein it is registered September 20, 1786. The arc he constructed of two different metals, which, placed in contact the one with a nerve and the other with a muscle of a frog, caused contraction of the latter. — 2. **eine Anzahl . . . Erscheinungen**; cf. note on 3, 2. — 3. As a rule the verb is put in the plural when it has more than one singular noun for its subject; yet often by a familiar license of speech, it agrees with the one nearest it alone. — 4. **sich** (dative) **denken**, 'imagine.' — 5. Subjunctive of indirect discourse. — 6. **Leyden jar** or **Leyden phial**, a glass jar or bottle used to accumulate electricity. It is coated with tinfoil, within and without, nearly to its top, and is surmounted by a brass knob which communicates with the inner coating, for the purpose of charging it with electricity. It is so named from having been invented in Leyden, Holland. — 7. A German **Gymnasium** had been for a long time a higher classical school, the only one which prepared directly for the universities. In some respects, as in the pursuit of Latin and Greek, which were required studies throughout the whole course, the *Gymnasium* was equal or superior to the best American colleges; on the other hand, no instruction at all was given in certain branches of science, for instance, in chemistry. Radical changes have been made in the curriculum during the last decade; less time is devoted to the "classics" and more "scientific" studies have been introduced. — 8. **Francis II**, the last emperor of the Holy Roman Empire; in 1804 he proclaimed himself as Francis I, hereditary emperor of Austria, and this title has been retained by his successors. Francis died in 1835.

35. 1. **verlöten**, 'solder.' — 2. **der Rückenwirbel**, 'dorsal vertebra.'

36. 1. "The superlative is not, like the positive and comparative, used predicatively in its uninflected form; but for this is substituted an adverbial expression, formed with the preposition *an* and the definite article *dem* (dat. sing. neuter), contracted into *am*." Whitney's Grammar, § 140, 2 a. — 2. Supply *Wärme*. — 3. Cf. note on 3, 2.

37. 1. Cf. note on 3, 2.

38. 1. Accusative. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 14, 1. — 4. Cf. note on 31, 6. — 5. **pflegen**, intransitive verb with an infinitive depending on it, 'be accustomed,' 'be wont'; **pflegen**, with genitive or accusative, 'take care of,' 'tend,' 'attend to.' — 6. Past participle used appositively.

39. 1. **ohne . . . zu suchen**, 'without seeking,' 'without looking for.' "Only three prepositions — namely, *um*, 'in order,' *ohne*, 'without,' *statt* or *anstatt*, 'instead' — are allowed in German directly to govern

the infinitive (preceded by its sign *zu*). They are placed at the beginning of the infinitive clause, preceding all the words dependent on or limiting the infinitive, which stands last, always with *zu* next before it, and which is ordinarily to be rendered (except after *um*) by our infinitive in *-ing*, thus *ohne euch schwer zu verklagen*, 'without accusing you sorely.'" Whitney's Grammar, § 346, 1. — 2. **Herrmann Boerhave,** one of the most celebrated physicians of his times, was born at Voorhout, near Leyden, in Holland, in 1668. He was appointed rector of the university of Leyden in 1714. His genius raised the fame of the university, especially as a school of medicine, so as to make it a resort of strangers from every part of Europe. In 1718 he delivered an inaugural discourse which contains the germs of his celebrated *Elements of Chemistry;* he died in 1738. — 3. **Peter von Muschenbroek,** a Dutch physicist, born at Leyden in 1692; he became personally acquainted with Isaac Newton in London, where he spent some time after finishing his studies at home; he died in 1761. — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **sich** (dative) **zurecht legen,** literally 'lay to rights,' 'lay in the right place,' that is, 'interpret,' 'expound.' — 6. **Dünste** is in the genitive plural, depending on *Entzündung*. — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **lassen,** 'cause.' A literal translation of the verb *lassen* with the infinitive active of a transitive verb depending upon it may generally be made by changing the latter to an infinitive passive, thus *er liess ein Haus bauen*, 'he caused a house to be built,' that is, 'he had a house built.' In connection with an intransitive verb the infinitive active remains of course unchanged, thus *ich liess ihn kommen*, 'I caused him to come,' that is, 'I had him come.' — 9. Cf. note on 24, 2.

40. 1. **die damit anzustellenden Versuche,** 'the experiments to be made with it.' "The passive voice of a transitive verb has one peculiar form, a kind of a future passive participle, formed from the present active participle, by putting *zu* before it: thus *zu liebend*. It implies a possibility or a necessity: thus *ein zu liebendes Kind*, 'a child to be loved,' *i.e.*, 'which may or should be loved.' It can only be used as an attributive adjective, and therefore hardly deserves to be called a participle. It is in reality a quite modern and anomalous derivative from an infinitive, answering attributively to the infinitive with *zu* taken predicatively, as, *das Kind ist zu lieben*, 'the child is to be loved,' *i.e.*, may or should be loved." Whitney's Grammar, § 278. It is evident from these remarks that the uninflected form in the predicate is *zu lieben*, and not *zu liebend;* in fact this latter form never occurs under any circumstances, but has been given above for the sake of convenience; since this so called future passive participle can only be used as an

attributive adjective, and attributive adjectives are always inflected, *i.e.*, have the endings *-e*, *-er* or *-es*, etc., some form to start from must be given and it seems appropriate to adopt the uninflected form *zu liebend*, although the latter never occurs, instead of *der zu liebende* or *ein zu liebender* or *das zu liebende*, etc., etc. — 2. **Jean Antoine Nollet,** French physicist, was born at Pimprèz (now in Oise) in 1700 and died at Paris in 1770. — 3. Supply *Electricität*, and cf. note on 3, 2. — 4. **eine Zeit lang,** 'for a time,' to be distinguished from *eine lange Zeit*, 'a long time.' The adverb *lang* often follows an accusative expressing duration of time; other adverbs, especially those of direction or motion, may follow an accusative of space, thus *die Treppen hinauf*, 'up the stairs.' — 5. "The personal verb itself is sometimes placed first in the sentence by inversion, with the effect of emphasizing the predication — that is to say, of strengthening or impressing the general force of the assertion made. In such an inversion the verb is usually followed by *doch*, 'though'; much less often by *ja*, 'surely'; but neither of these particles is absolutely necessary; thus *hab' ich dich doch mein' Tage nicht gesehen*, 'surely I never saw you in my life.'" Whitney's Grammar, § 431, g.

41. 1. The infinitive depending on *vermögen*, 'be able,' 'have the power,' is preceded by *zu*, while *mögen* and the other modal auxiliaries govern the infinitive without *zu*. — 2. **nehmen wir an,** 'let us suppose.' — 3. Dative.

42. 1. The verb *wollen* often denotes a claim or assertion, thus *man will beobachtet haben*, 'they claim to have observed.' — 2. **je nachdem,** 'according to circumstances.' — 3. Cf. note on 5, 6.

43. 1. **der Rückschlag,** literally 'back-stroke,' that is, 'recoil,' rebound.' — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. Cf. note on 1, 4.

44. 1. Cf. note on 14, 1. — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. Cf. note on 34, 6. — 4. **bequemer,** adverb, 'more conveniently.'

45. 1. **anschlagen,** 'sound,' 'ring'; why not *schlugen an?* — 2. **schwängern,** 'impregnate.'

46. 1. Cf. note on 14, 2. — 2. Cf. note on 41, 2. — 3. Subjunctive of indirect discourse. — 4. **angelangen,** 'arrive'; cf. note on 2, 3. — 5. **je nach,** 'according to.'

47. 1. **die Berghalde,** 'hill side.' — 2. **geschichtet,** 'stratified'; cf. *die Schichte*, 'stratum.' — 3. **Belemnite** (βέλεμνον, a 'dart,' from βάλλειν, 'to throw') is a conical calcareous fossil, tapering to a point at the lower extremity, with a conical cavity at the other end, where it is ordinarily broken; but when perfect it contains a small chambered cone, called the phragmocone, prolonged, on one side, into a delicate concave blade. It is the internal shell of a cephalopod related to the

sepia, and belonging to an extinct family. The belemnites are found in rocks of the Jurassic and Cretaceous ages. — 4. **das Wetterleuchten,** 'sheet lightning.' — 5. **der Querschnitt,** 'cross cut,' 'cross section'; cf. *quer* 'transverse,' 'across,' and *schneiden,* 'cut.' — 6. **harzig,** 'resinous.'

48. 1. Cf. note on 28, 8. — 2. **auffallen,** 'be surprising.' — 3. **die Rinde,** 'bark'; cf. the English *rind.* — 4. **der Splint,** 'sapwood,' 'alburnum.' — 5. **verglasen,** 'vitrify.' — 6. **die Blitzröhre,** 'fulgurite' (Latin *fulguritus,* past participle of *fulgurire,* to strike with lightning, from *fulgur,* lightning). — 7. **röhrenförmig,** 'tubular'; cf. *die Röhre,* 'tube.' — 8. Cf. note on 14, 1 and 42, 1. — 9. Subjunctive of indirect discourse. — 10. **sollen** is often used to report something that is based on the authority of others or is asserted by them, thus *er soll es gesagt haben,* 'he is claimed to have said it,' 'people assert he has said it.' Cf. the correlative use of *wollen* on note 42, 1. — 11. **bald — bald,** 'now — then.'

49. 1. **einbrennen,** 'burn in,' 'brand.' — 2. Cf. note on 42, 1. — 3. **einätzen,** 'etch in.' — 4. Cf. note on 13, 2. — 5. **die Beobachtung . . . mag . . . Vorkehrungen haben treffen lassen,** 'the observation . . . may . . . have caused measures to be adopted,' 'the observation . . . may . . . have led to the adoption of measures.' Cf. note on 14, 1 for *haben . . . lassen* instead of *haben . . . gelassen,* and note on 39, 8 for the change of the infinitive active to the infinitive passive. — 6. **Numa Pompilius,** the second of the legendary kings of Rome, supposed to have reigned from 715 to 672 B.C. **Tullus Hostilius,** the third legendary king of Rome, is represented as having reigned from 672 to 638 B.C. — 7. Cf. note on 48, 10.

50. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **Ktesias,** a Greek historian, lived during the end of the fifth and the beginning of the fourth century B.C. — 3. Subjunctive of indirect discourse. — 4. **der Lorbeerhain,** 'laurel grove.' — 5. Cf. note on 48, 10. — 6. **Es**; cf. note on 14, 2. — **liessen sich . . . anführen,** 'might be mentioned'; cf. note on 1, 4. The subjunctive is generally used in a hypothetical period both in the clause expressing the conclusion (apodosis) and in the sentence stating the condition (protasis), thus *es hätte mich gefreut, wenn ich ihn gesehen hätte,* 'it would have pleased me if I had seen him.' The conclusion or the condition is often not expressed, but may be readily inferred from the connection, or it is expressed otherwise than by a hypothetical clause, as in the clause (line 16 to 18) *indessen wollen wir . . . zuwenden,* 'however, we wish to devote . . .'; the same idea might have been expressed by a conditional clause, thus *wenn wir nicht . . . zuwenden*

wollten, 'if we did not wish to devote . . .' — 7. Dative; cf. note on 3, 2. — 8. Cf. note on 46, 5.

51. 1. **eine entsprechende Wirkung,** 'a corresponding effect,' is in the accusative; inverted order. — 2. **ausstrahlen,** 'radiate,' 'emit light.' — 3. **der Lichtbüschel,** 'pencil of rays.' — 4. **St. Elmsfeuer,** 'Saint Elmo's fire.' It is a luminous, flame-like appearance, sometimes seen in dark, tempestuous nights, at some prominent point on a ship, particularly at the masthead and the yardarms. It has also been observed on land, and is due to the charge of electricity from elevated or pointed objects. — 5. **der Turmknopf,** 'ball on the top of a steeple.' — 6. **die Dachrinne,** 'gutter,' 'eaves trough.' — 7. **Castor** and **Pollux,** in Greek and Roman mythology, were twins, and according to one version, the sons of Jupiter and Leda; according to another account Pollux alone was the son of Jupiter; Castor's father was mortal. Pollux, finding his brother dead after a battle, implored Jupiter to be allowed to die with him. Jupiter, according to the legend, gave Pollux the choice to live alone in Olympus forever, or that he and his brother should on alternate days live in Olympus and in Hades. Pollux chose the latter proposal. **Helena,** in Greek mythology the sister of Castor and Pollux, the wife of Menelaus, king of Sparta, was according to Homer obliged by Aphrodite to flee with Paris to Troy; after the Trojan war she returned with Menelaus to Sparta. — 8. It is more probable that the name is derived from St. Elmo, the patron saint of sailors.

52. 1. **auftauchen,** literally 'emerge'; in this connection 'appear'; infinitive used as a noun. — 2. **einleuchten,** 'be clear,' 'be obvious.' — 3. **sich . . . angelegen sein lassen,** 'be interested in . . .' — 4. **herummäkeln an . . .,** 'carp at . . .'

53. 1. Supply *lassen* from line 26. — 2. Cf. note on 14, 1 and 39, 8.

54. 1. **Frederick William II,** king of Prussia, nephew of Frederick the Great, reigned from 1786 to 1797. — 2. **Sanssouci,** a palace of the Prussian kings, to the west of the Brandenburg gate of the city of Potsdam, famous as the favorite residence of Frederick the Great who died there.

The Steam Engine.

55. 1. **die Spannkraft,** 'expanding force,' 'expansion'; cf. *spannen*, 'span,' 'strain,' 'stretch.' — 2. **der Dampfkessel,** 'boiler'; cf. *der Kessel*, 'kettle.' — 3. **der Kolben,** 'piston.' — 4. **die Kolbenstange,** 'piston rod.' — 5. Cf. note on 22, 9. — 6. Cf. note on 11, 6.

56. 1. **der Dampfstrahl,** 'jet of steam.' — 2. **das Schaufelrad,** 'paddle wheel,' 'water wheel'; cf. *die Schaufel*, 'shovel.' — 3. **Denis Papin,** French physicist, and one of the inventors of the steam engine, was born at Blois in 1647. In November, 1687, he was appointed to the chair of mathematics in the university of Marburg, Germany, and there he remained till 1696, when he removed to Cassel. He suggested that the condensation of steam should be employed to make a vacuum under a piston previously raised by the expansion of the steam. Papin's was the earliest cylinder and piston steam engine, and his plan of using steam was that which afterward took practical shape in the atmospheric engine of Newcomen. Papin died in total obscurity, probably about the beginning of 1712. — 4. Cf. note on 24, 3. — 5. **die Saugpumpe,** 'suction pump.' — 6. **die Klappe,** 'valve.' — 7. **Robert Hooke,** an original and ingenious experimental philosopher, was born at Freshwater, on the Isle of Wight, in 1635; he died in 1703. — 8. **das Sicherheitsventil,** 'safety valve'; cf. *sicher*, 'safe,' 'secure.' — 9. **Thomas Newcomen,** one of the inventors of the steam engine, was a native of Devonshire, and was born about the middle of the seventeenth century. About 1711 Newcomen's engine began to be introduced for pumping mines; and in 1713 a boy named Humphrey Potter, whose duty it was to open and shut the valves of the engine he attended, made the engine self-acting by causing the beam itself to open and close the valves by suitable cords and catches. Potter's rude device was simplified in 1718 by Henry Beighton, who suspended from the beam a rod called the plug tree, which worked the valves by means of tappets. By 1725 the engine was in common use in collieries, and it held its place without material change for about three quarters of a century. Newcomen died about 1713. — 10. **geradlinig,** 'rectilineal.' — 11. **das Pumpengestänge,** 'pump rods.'

57. 1. **der Brennstoffverbrauch,** 'consumption of fuel'; cf. *brennen*, 'burn'; *der Stoff*, 'matter,' 'material'; *brauchen*, 'use,' *verbrauchen*, 'consume.' — 2. Cf. note on 31, 6. — 3. **so von selbst,** 'of himself,' 'unaided.' — 4. Cf. note on 14, 2. — 5. **gleichergestalt,** 'in like manner,' 'likewise'; cf. *gleich*, 'like,' and *die Gestalt*, 'form,' 'shape.' Adverbial phrases are often formed by the combination of a noun and an adjective, generally in the genitive. — 6. **dereinst,** 'at some future time.' — 7. **kraft,** preposition governing the genitive, 'by virtue of.'

58. 1. Watt tried to establish himself as an instrument maker in Glasgow, but the city guilds would not recognize a craftsman who had not served the full term of common apprenticeship, and he was forbidden to open shop in the burgh. The college, however, took him under

its protection, and in 1757 he was established in its precincts with the title of *Mathematical-instrument Maker to the University.* — 2. **Adam Smith,** one of the most famous political economists, was born at Kirkcaldy in Fifeshire, Scotland, in 1723. His great work, *Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, appeared in 1776. In 1787 he was elected lord rector of the University of Glasgow. He died in 1790. — 3. **anscheinend,** adverb, 'apparently.' — 4. **was . . . liess,** 'what could be made of it.' — 5. **machten,** 'were the cause.' — 6. **anhaltender,** adverb, 'more continuously,' 'more perseveringly'; cf. *anhalten*, 'hold to,' 'stick to.'

59. 1. **ausser Gang kommen,** 'get out of order.' — 2. **richtiger,** adverb, 'more correctly (speaking).' — 3. **auftragen,** 'commission.' — 4. **stehen bleiben,** literally 'remain standing,' that is, 'stop.' — 5. **dadurch,** literally 'therethrough,' 'thereby,' that is, 'in view of the fact.' — 6. **einspritzen,** 'inject.' — 7. **der Kolbenhub,** 'stroke of the piston.' — 8. Cf. note on 3, 2. — **was,** 'a fact which.' — 10. **nach sich ziehen,** literally 'draw after one's self,' that is, 'bring about,' 'cause.' — 11. While engaged in repairing a model of Newcombe's engine, Watt was struck with the waste of steam to which the alternate chilling and heating of the cylinder gave rise. He saw that the remedy would lie in keeping the cylinder as hot as the steam that entered it. With this view he added to the engine a new organ — an empty vessel separate from the cylinder into which the steam should be allowed to escape from the cylinder, to be condensed there by the application of cold water either outside or as a jet. To preserve the vacuum in his condenser he added a pump called the air-pump, whose function was to pump from it the condensed steam and water of condensation as well as the air which would otherwise accumulate by leakage or by being brought in with the steam or with the injection water. Then as the cylinder was no longer used as a condenser, he was able to keep it hot by clothing it with non-conducting bodies, and in particular by the use of a *steam jacket* or layer of hot steam between the cylinder and an external casing. Further, and still with the same object, he covered in the top of the cylinder, taking the piston-rod out through a steam-tight stuffing box, and allowed steam instead of air to press upon the piston's upper surface. — 12. **münden,** 'terminate.'

60. 1. **die Stoffbüchse,** 'stuffing box.' — 2. **sog.** = *sogenannt*, 'so-called.' — 3. **absperren,** 'lock out,' 'exclude.' — 4. **das Brennmaterial** = *der Brennstoff*; cf. note on 57, 1. — 5. In a second patent (1781) Watt describes the "sun and planet" wheels and other methods of making the engine give continuous revolving motion to a shaft provided with a

fly-wheel. He had invented the crank and connecting rod for this purpose, but it had meanwhile been patented by one Pickard, and Watt, rather than make terms with Pickard, whom he regarded as a plagiarist of his own ideas, made use of his sun-and-planet motion until the patent on the crank expired. The reciprocating motion of earlier forms had served only for pumping; by this invention Watt opened up for the steam engine a thousand other channels of usefulness. The engine was still single acting; the connecting rod was attached to the far end of the beam, and that carried a counterpoise which served to raise the piston when steam was admitted below it. — 6. **Balancier,** 'beam.'

61. 1. Cf. note on 55, 4. — 2. **Segment,** a piece in the form of the sector of a circle, or part of a ring, as the segment of a sectional fly-wheel or fly-wheel rim. **die Gelenkkette,** 'pitch chain'; *i. e.* a chain made of metallic plates, adapted for working with a sprocket wheel. — 3. **die Pleuelstange,** 'connecting-rod.' — 4. **die Kurbel,** 'crank.' — 5. **das Schwungrad,** 'fly wheel.' — 6. **der Centrifugalregulator,** 'centrifugal governor.' — 7. **der Dampf,** 'steam'; **die Verteilung,** 'distribution'; **der Mechanismus,** 'mechanism,' 'appliance.' — 8. **der Hähne,** genitive plural (depending on **an die Stelle**) of **der Hahn,** 'stop-cock.' **der Schieber,** 'slide valve'; cf. *schieben,* 'shove,' 'push,' 'slide.' **an die Stelle . . . treten,** literally 'step in the place,' that is, 'take the place.' — 9. **anbringen,** 'apply.' — 10. **Wenngleich** = *obgleich* = *obschon* = *wenn auch,* 'although.' — 11. **man** is the subject of *treiben könne.* — 12. **man** is the subject of *auspuffen liesse.* — 13. **der Wegfall,** 'omission.'

62. 1. **Oliver Evans** was born at Newport, Delaware, in 1755. About 1780 he discovered the application of steam to land carriages, and in 1786 endeavored to obtain a patent for his invention from the state of Pennsylvania. His request was considered too absurd to merit consideration. It was granted, however, in 1797 by the state of Maryland. Meantime he had made use of the engine he had invented, the first constructed on the high-pressure principle, for his flour mill. Evans died in 1819. — 2. **schmiedeeisern,** 'wrought iron.' — 3. **der Röhrenkessel,** 'tubular boiler'; cf. *die Röhre,* 'tube.' — 4. **Richard Trevithick** was descended from a family of great antiquity in the county of Cornwall, England, and was born in the parish of Illogan in 1771. On the death of his father he succeeded him as leading engineer in the Cornish mines. About 1798 he perfected a high-pressure non-conducting steam engine, which became a successful rival of the low-pressure steam-vacuum engine of Watt. On Christmas eve, 1801, his common-road locomotive carried the first load of passengers ever con-

veyed by steam. In 1803 his locomotive was run in the streets of London from Leather Lane by Gray's Inn Lane and along Oxford street to Paddington, the return journey being made by Islington. The cost was, however, found too great. He died in 1833. — 5. **gedrängt,** 'compact'; cf. *drängen*, 'press,' 'crowd.' — 6. **so inventiös,** 'as ingenious as,' 'however ingenious.' — 7. **zunächst,** 'chiefly.' — 8. **namhaft,** 'worth naming,' 'considerable.' **die Zugkraft,** 'tractive power,' 'traction.' — 9. **die chaussierten Wege,** 'highroads,' 'causeways'; *chaussiert* is derived from the French and related to *chaussée;* cf. the English *cause* in *causeway*. — 10. **das Kohlenwerk** or **Kohlenbergwerk,** 'colliery.' — 11. **das Fortkommen,** 'progress,' 'success.' — 12. **nachsuchen,** 'apply for.' — 13. **das Schienengleise,** 'line of rails,' 'railroad track.' — 14. **der Fachmann,** 'specialist.'

63. 1. **siechen,** 'languish.' — 2. **bei,** 'considering,' 'in view of.' — 3. **doch,** 'at all events,' 'at any rate,' 'after all.' — 4. **bei . . . Lokomotive,** 'considering the weight of the locomotive, which at all events was not inconsiderable.' — 5. **zur Wirkung kommen lassen,** literally 'allow to come into activity or action,' that is, 'put in operation,' 'bring about,' 'effect,' 'realize.' — 6. **Tyne,** a river in the northeast of England, is formed by two branches, the North Tyne, rising in the Cheviots on the borders of Roxburgh, and the South Tyne, rising at Tynehead Fell, at the southeastern extremity of Cumberland. The coal trade of the Tyne is the most important in England, and for its general shipping trade the river ranks next in importance to the Thames and the Mersey. The principal ports are Newcastle and North and South Shields, but below Newcastle the river is everywhere studded with piers and jetties. — 7. **der Bergmann,** 'miner.'

64. 1. **der Heizer,** 'stoker,' 'fireman.' — 2. Cf. note on 2, 3. — 3. **von hier ab,** literally 'down from here,' that is, 'from his low position (as a stoker).' — 4. **sich emporschwingen,** 'rise,' 'ascend.' — 5. **zeitig,** 'early,' 'soon.' The past participle *verheiratet* is in apposition to *ihm*. — 6. **ward ihm der Stolz** = *er konnte seinen Stolz darin setzen*, 'he could take a pride in.' On *Stolz* depend the infinitives *machen zu können*, and on the latter depends the accusative *seinen Sohn Robert*. — 7. **sich kund geben,** 'make itself known,' 'manifest itself.' — 8. **der Leiter,** 'leader,' 'manager.' — 9. **die Grube,** 'pit,' 'mine'; cf. *graben*, 'dig.' — 10. **der Verschiffungsplatz,** 'place for shipment,' 'pier,' 'shipping port.' — 11. **die Steigung,** 'ascent.' — 12. **Kilometer** = 1000 meters = 3280.8 feet = 0.62137 of a mile. — 13. **der Feuerraum,** 'firebox.' — 14. **durchziehen,** 'pass through.' — 15. **als,** 'in the shape of.' — 16. **die Esse,** 'chimney,' 'smokestack.'

65. 1. **unbefangen,** 'unprejudiced,' 'impartial.' — 2. **so ohne weiteres,** 'without further effort,' 'all at once.' — 3. **doch,** 'to be sure'; cf. note on 40, 5. — 4. **Kg.** = *Kilogramm*. The kilogram = 1000 grams = 2.2046 pounds avoirdupois. — 5. **um welche es sich handelte,** 'which were concerned.' — 6. **sie,** accusative, refers to *Verteuerung*. — 7. **im Gefolge haben,** 'be attended with.' — 8. **die Rede ist von . . .,** literally 'the talk is about . . .,' that is, 'the question is about . . .' **Von einer Verteuerung konnte nicht die Rede sein,** 'the question could not be about an increase of expense,' 'an increase of expense was out of question.' — 9. **das Eigengewicht,** 'dead weight,' 'specific weight.' —10. **die Verkuppelung,** 'coupling,' 'fastening together.' — 11. **Stockton-on-Tees,** a municipal and parliamentary borough and seaport of Durham, on the borders of the North-Riding of Yorkshire, is situated on the river Tees, 20 miles south-southeast of Durham. The population of the municipal borough is about 42,000. — 12. **Darlington,** a parliamentary and municipal borough, parish, and township of England, in the southern division of the county of Durham, is situated on the main line of the North-Eastern Railway, 39 miles south of Newcastle and 253 miles north of London. — 13. **der Aktionär,** 'shareholder.'

66. 1. **ausstatten,** 'equip.' — 2. **die Maschinenanstalt,** 'machine shop.'

67. 1. **Liverpool** is situated on the right bank of the estuary of the Mersey, about three miles from the open sea. The city has a population of more than 600,000 inhabitants. Its commerce extends to every part of the world, but probably the intercourse with America stands preëminent, there being five lines of steamers to New York alone, besides lines to Philadelphia, Boston, etc. — 2. **Manchester,** a city whose industries are famous throughout the civilized world, is situated in the southeastern corner of Lancashire. The opening of the Manchester and Liverpool railway in 1830 marked an important epoch in the history of modern industry, and since that time Manchester has gradually been connected by rail with every part of the kingdom. The enormous traffic by this means has not, however, entirely superseded the use of the canals which played so important a part in the cotton industry. The city of Manchester and the borough of Salford have together a population of about 800,000 persons. — 3. **Francis Egerton,** third duke of Bridgewater, has sometimes been styled "the Father of British Inland Navigation." He was born in 1736.

68. 1. The subject of the clause introduced by **Dass** is **die . . . Maschinen.** — 2. **auf der Hand liegen,** 'be evident.' — 3. The adaptation of the steam engine to railways, begun by Trevithick, became a

success in the hands of George Stephenson, whose engine, the *Rocket*, when tried along with others on the Stockton and Darlington road in 1829, not only distanced its competitors, but settled once for all the question whether horse traction or steam traction was to be used on railways. The principal features of the *Rocket* were an improved steam blast for urging the combustion of coal, and a boiler in which a large heating surface was given by the use of many small tubes through which the hot gases passed. Further, the cylinders, instead of being vertical as in earlier locomotives, were set in at a slope, which was afterwards altered to a position more nearly horizontal. To these features there was added later the "link motion" (see p. 74, l. 1 and note), a contrivance which enabled the engine to be easily reversed and the amount of expansion to be readily varied. In the hands of George Stephenson and his son Robert the locomotive took a form which has been in all essentials maintained by the far heavier locomotives of today. — 4. **die Heizfläche,** 'heating surface.'

69. 1. **dem entsprechend,** 'correspondingly.'— 2. Cf. note on 1, 4.— 3. Cf. note on 65, 8. — 4. Cf. note on 65, 7. — 5. **der Rost,** 'grate.' — 6. **liefern,** 'supply.'— 7. **War auch das Princip . . .,** 'although the principle . . . was.' It has been said before (note on 5, 6) that in a conditional sentence in the inverted order the conjunction *wenn*, 'if,' is understood; therefore, when *auch* occurs in such a sentence, we really have the combination *wenn auch*, 'although.' — 8. **das Dampfblaserohr,** 'blast pipe,' 'steam blast.' — 9. **hatten . . . andere . . . geschenkt,** 'although others had given'; *auch* (line 26) is understood; cf. note 7 above.

70. 1. **in Betrieb setzen,** 'work,' 'set to work.'

72. 1. **Beförderungsweise,** 'way of forwarding,' is the subject of *gewährte*, 'afforded' (line 17).

73. 1. **damalig,** 'of that time,' 'then.' — 2. **schwer ins Gewicht fallen,** literally 'be very heavy,' that is, 'be of very great importance.' — 3. **kröpfen,** 'bend at right angles.' — 4. **die Steuerung,** 'distributing regulator,' 'governor.' — 5. **die Ausnutzung,** 'utilization.'

74. 1. **die Coulissensteuerung,** 'link motion'; cf. note on 68, 3. *Coulisse* (French *coulisse*, from *couler*, 'flow,' 'glide,' 'slide'); *steuern*, 'steer,' 'guide.' — 2. **der Eilzug,** express train'; cf. *eilen*, 'hasten. — 3. **der Lastzug,** 'freight train'; cf. *die Last*, 'load,' 'burden.' — 4. **die Bodenverhältnisse,** 'conditions of the soil.' — 5. Cf. note on 3, 2. — 6. **die Wasserscheide,** 'water shed.' — 7. Supply *als man* after *und*. — 8. **die Krümmung,** 'bend,' 'curvature.' — 9. **Semmering** or **Semering,** a ridge of mountains near the boundary lines of the prov-

inces of Lower Austria and Styria. The railroad leads from Gloggnitz (1320 feet) in Lower Austria to Mürzzuschlag (2050 feet above the sea) in Styria, and is 57 kilometers long. It is one of the boldest and grandest railroad structures in Europe, in the midst of the most magnificent and romantic surroundings. It contains 15 tunnels and as many colossal viaducts. Forming an integral part of the Austrian Southern Railroad it connects Vienna with Triest on the Adriatic Sea. — 10. **der Centner,** 'hundredweight,' 'hundred pounds.'

75. 1. **Mont Cenis** or Monte Cenisio, a mountain pass of the Alps, between Savoy and Piedmont. The culminating point of the pass reaches an elevation of 6775 feet above the sea. Over the pass a road was constructed (1803–1810) under Napoleon's orders at an expense of $1,500,000. Near the pass a railway tunnel, seven and one-half miles long, was finished in 1870. — 2. **die Zahnstange,** 'rack.' *Zahnstange und Getriebe,* 'rack and pinion.' — 3. **eingreifen,** 'catch,' 'interlock.' — 4. **das Zahnrad,** 'cog-wheel.' — 5. **um** belongs to the infinitives **zu beseitigen** (line 32) and **zu lassen** (line 33). — 6. **wenn ja einmal,** 'if ever, to be sure,' 'if ever indeed.' The particle *ja* often merely adds force to another particle or to the verb.

76. 1. **die Platte,** 'plate,' 'sheet of metal.' — 2. **die Legierung,** 'alloy.' — 3. **das Kegelventil,** 'conical valve.' — 4. Supply **wird** (line 10) after **belastet.** — 5. On **Gewalt** depends the infinitive **zu können** (line 13). — 6. **der Hebel,** 'lever'; cf. *heben,* 'lift,' and French *lever,* 'lift,' 'raise.' — 7. **gemäss,** 'according to,' may precede or follow the governed noun. — 8. **das Bedenken,** 'doubt.' — 9. **preisgegeben,** 'if exposed'; cf. note on 20, 1. — 10. **verloren gehen,** 'be lost.' — 11. Cf. note on 3, 2. — 12. **der Kesselstein,** 'fur.' — 13. **eintreten,** 'take place,' 'occur.'

77. 1. Cf. note on 74, 1. — 2. **übereinstimmen,** 'agree,' 'correspond.' — 3. **liegend,** literally 'lying,' that is, 'horizontal.' — 4. **das Excentrik** or *das Excenter,* 'eccentric.' A disk or wheel so arranged upon a shaft that the center of the wheel and that of the shaft do not coincide. It is used for operating valves in steam engines and for other purposes. The motion derived is precisely that of a crank having the same throw. — 5. **die Schieberstange,** 'valve rod,' 'eccentric shaft'; cf. *schieben,* 'shove,' 'push,' and *die Stange,* 'pole,' 'bar,' 'rod.' — 6. Cf. note on 20, 1.

78. 1. Cf. note on 59, 10. — 2. **aufheben,** 'annul,' 'nullify,' 'destroy.' — 3. Cf. note on 76, 13. — 4. **abgeben,** 'perform.'

79. 1. **vorwiegend,** 'chiefly.' — 2. **das Eisenblech,** 'sheet-iron.' — 3. **das Stahlblech,** 'sheet steel,' 'spring-steel plates.' — 4. Cf. note on

12, 2. — 5. **das Zubehör,** 'appurtenance.' — 6. **die Anlage,** 'arrangement,' 'making.'

81. 1. **der Russ,** 'soot.' — 2. **der Rost,** 'rust.' — 3. Cf. note on 76, 12.

Geology.

82. 1. The following pages (sections I, II, and III) form part of a treatise on geology, written by Dr. Eberhard Fraas, and published in the *Sammlung Göschen*, 2d edition, Stuttgart, 1892. — 2. **das Untersuchungsgebiet,** 'department of research'; cf. *suchen*, 'seek,' 'look for,' *untersuchen*, 'examine,' 'search into,' and *das Gebiet*, 'domain,' 'sphere.' — 3. **pflanzlich,** 'vegetable'; cf. *die Pflanze*, 'plant.' — 4. **in Betracht ziehen,** 'take into consideration.' — 5. Cf. note on 14, 2. — 6. Subjunctive of indirect discourse. — 7. Cf. note on 14, 2.

83. 1. **der Kreislauf,** 'revolution,' 'rotation.' — 2. **die Abplattung,** 'flattening,' 'oblateness'; cf. *platt*, 'flat,' 'oblate.' — 3. **weichen,** 'give way,' 'make room.' — 4. **die Erstarrung,** 'congelation,' 'solidification.' **die Kruste,** 'crust.' — 5. **Geysers** exist at the present time in many volcanic regions, as in the Eastern Archipelago, Japan, and South America; but the three localities where they attain their highest development are Iceland, New Zealand, and the Yellowstone Park region. In the latter locality they are numerous, and some of them very powerful, throwing jets of boiling water and steam to a height of 200 feet. The very name *Geyser* indicates the historical priority of the Icelandic group. It is an old Icelandic word — *geysir* = *gusher* (cf. German *giessen*) — from the verb *geysa*, itself a derivative of *gjosa*, 'gush.' In native use it is the proper name of the *Great Geyser*, and not an appellative. — 6. **das Bohrloch,** 'blast hole,' 'bore hole.' — 7. **überhitzen,** 'overheat,' 'superheat.' — 8. **vor sich gehen**; cf. note on 5, 4. — 9. **die Petrographie,** 'petrography' (πέτρα, akin to πέτρος, 'stone,' γράφειν, 'write,' 'describe').

84. 1. **die Gemengteile,** 'ingredients (of a mixture)'; cf. *mengen*, 'mix,' 'mingle.' — 2. **der Bestandteil,** 'constituent part'; cf. *bestehen*, 'consist of,' 'be composed of.' — 3. **massgebend,** 'determinative,' 'conclusive.' — 4. **auftreten,** 'appear.' — 5. **Genese,** 'genesis,' 'formation,' 'origination' (γένεσις, from γίγνεσθαι, 'beget,' 'be born'). — 6. Cf. note on 83, 9. — 7. Cf. note on 60, 2. — 8. Cf. note on 47, 2. — 9. **wässerig,** 'aqueous' (Latin *aqua*, 'water'). Aqueous rocks are such as are deposited from water and lie in strata, opposed to volcanic rocks which

are of igneous origin. — 10. **klastisch,** 'fragmental,' 'clastic' (κλαστός, 'broken,' from κλᾶν, 'break').

85. 1. **verkittet,** 'cemented'; cf. *der Kitt,* 'cement,' 'putty.' — 2. **der Gletscher,** 'glacier' (Latin *glacies* and French *glace,* 'ice'). — 3. **der Faktor,** 'agent,' 'factor' (Latin *factor,* 'a doer,' from *facere,* 'do,' 'make'). — 4. **die Diluvialzeit,** 'diluvial epoch.' *Diluvial* (effected by a deluge) is a term applied to coarse and imperfectly stratified deposits along ancient or existing water courses. Similar unstratified deposits were formed by the agency of ice. — 5. **die Kieselsäure,** 'silicic acid,' 'silicon dioxide'; cf. *der Kiesel,* 'pebble,' 'flint stone.' — 6. **der Schiefer,** 'slate'; an argillaceous rock which readily splits into thin plates; its color is bluish or blackish gray, sometimes greenish gray, etc. — 7. **der Porphyr,** 'porphyrite,' 'porphyry' (πορφυρίτης, 'like purple,' from πορφύρα, 'purple'); a rock with a porphyritic structure, that is, characterized by the presence of distinct crystals, as of *feldspar, quartz,* or *augite,* in a relatively fine-grained base. — 8. **der Diorit,** 'diorite'; an igneous rock, crystalline in structure; it includes part of what was called *greenstone.* — 9. **der Thonschiefer,** 'clay slate.' — 10. **der Hohlraum,** 'cavity'; cf. *hohl,* 'hollow.' — 11. **der Gang,** 'vein,' 'lode,' 'dike'; a wall-like mass of mineral matter filling up rents or fissures in the original strata. In the language of miners the meaning of *vein* is limited to a mineral vein or lode, that is, to a vein which contains useful minerals or ores. — 12. **auskrystallisieren,** 'crystallize entirely.' — 13. **der Bergkrystall,** 'rock crystal,' 'mountain crystal'; any transparent crystal of quartz, particularly of limpid or colorless quartz. This is the mineral to which the word *crystal* was first applied by the ancients. — 14. **der Quarzit,** 'quartzite'; called also *quartz rock,* a compact rock consisting of quartz and often appearing granular. — 15. **der Kieselschiefer,** 'flinty slate,' 'siliceous slate.' — 16. **der Feuerstein,** 'flint stone,' 'flint'; a massive, somewhat impure variety of quartz, of dark shades of smoky gray, brown, or even black, and feebly translucent. It breaks with sharp cutting edges; it is very hard, and strikes fire with steel; formerly much used, especially in the hammer of gunlocks. — 17. **der Hornstein,** 'hornstone'; a siliceous stone, a variety of quartz, closely resembling *flint,* but more brittle. — 18. **der Jaspis** (ἴασπις), 'jasper'; a dull red or yellow siliceous rock, containing some clay and yellow or red oxide of iron, breaking with a smooth surface; it admits of a high polish. — 19. **die Kalkformation,** 'calcareous formation'; cf. *der Kalk,* 'lime.' — 20. **der Opal,** 'opal'; a mineral consisting, like quartz, of silica, but inferior to quartz in hardness and specific gravity. — 21. Cf. note on 60, 2. — 22. **der Kieselsinter,** 'siliceous sinter'; a loose porous siliceous

rock usually of grayish color; it is deposited around the geysers of Iceland; cf. *sinter*, that is, the scale which flies from iron when hammered. — 23. Cf. note on 84, 4. — 24. **die Verwitterung**, 'weathering,' 'decomposition,' 'disintegration'; in geology the action of the elements on a rock in altering its color, texture, or composition, or in rounding off its edges.

86. 1. **der Brauneisenstein**, 'brown iron ore,' 'brown hematite'; the hydrous iron oxide, 'limonite,' which has a brown streak. This is an abundant ore in the United States. — **das Rasenerz**, 'meadow iron ore,' a kind of 'limonite' (λειμών, 'meadow'), cf. German *der Rasen*, 'turf,' 'grassplot.' — **das Bohnerz** or **Eisensumpferz**, 'bog iron ore'; a loose earthy ore of iron found in boggy or swampy (German *sumpfig*) land of a brownish-black color. — **der Roteisenstein**, 'red hematite'; an important ore of iron, the 'sesquioxide,' so called because of the red color of the powder; 'hematite' = αἱματίτης, 'blood-like' (from αἷμα, αἵματος, 'blood'), also called 'specular iron' or 'bloodstone.' It occurs in splendent rhombohedral crystals and in massive and earthy forms; the last is called *red ocher*. — **der Eisenoolith**, 'oölitic iron ore,' 'ferruginous oölite' (ᾠόν, 'egg' + *lite* from λίθος, 'stone'); it is so named from its resemblance to the roe (German *Rogen*) of a fish, therefore sometimes called in German *Eisenrogenstein*; it is a variety of limestone, consisting of small round grains resembling the roe of a fish. — 2. **der Magneteisenstein**, 'magnetite'; an oxide of iron occurring in isometric crystals, also massive, of a black color and metallic lustre. It is readily attracted by a magnet, and sometimes possesses polarity, being then called *loadstone*. It is an important iron ore, called also *magnetic iron*. The loadstone is called *magnes* by Pliny, the Roman naturalist (died in 79 A.D.), from the name of the country, *Magnesia*, a province of ancient Lydia, where it is supposed to have been originally found. There are other derivations of the word of about the same degree of certainty. — 3. **der Spateisenstein** or **der Eisenspat**, 'spathic iron,' 'sparry iron,' 'siderite' (σιδηρίτης 'of iron,' from σίδηρος, 'iron'); a carbonate of iron, an important ore occurring generally in cleavable masses, but also in rhombohedral crystals. It is of a light, yellowish brown color. *Spar* (*spathic*) is an old name for a non-metallic mineral, usually cleavable, as *calc spar* or *calcite*. — **der Thoneisenstein**, 'argillaceous iron ore.' — 4. Cf. note on 48, 11. — 5. **das Manganerz**, 'manganite'; one of the oxides of manganese, called also gray manganese ore. It occurs in brilliant steel-gray or iron-black crystals, also massive. — **das Titanerz** or **das Titaneisenerz**, 'titaniferous iron ore.' *Titanium* (Latin *Titani* or *Titanes*, from Τιτᾶνες, 'the sons of the earth') in chemistry is an elementary

substance, found combined in the minerals *menaccanite*, *rutile*, etc., and isolated as an infusible iron-gray amorphous powder, having a metallic lustre. *Titanic iron ore* is also called menaccanite (from Menaccan in Cornwall, where it first was found); it is an iron-black or steel-gray mineral, consisting chiefly of the oxides of iron and titanium. It is commonly massive, but occurs also in rhombohedral crystals. — 6. **das Steinsalz,** 'rock salt,' 'chloride of sodium,' 'common salt.' It occurs in rock-like masses in mines; in the United States this name is sometimes given to salt in large crystals, formed by evaporation from sea-water in large basins or cavities. — 7. **Anhydrit,** 'anhydrite' (ἄνυδρος, ἀν priv. + ὕδωρ, 'water'); it is a mineral of a white or a slightly bluish color, usually massive; it is anhydrous sulphate of lime and differs from *gypsum* in not containing water, whence the name. — 8. **Stassfurt** is a town in the Prussian province of Saxony and one of the chief seats of the German salt-producing industries. — 9. **Sylvin** or Sylvite = native potassium chloride. — **Carnallit,** 'carnallite'; hydrous chloride of potassium and magnesium, sometimes found associated with deposits of rock salt. — 10. **Sperenberg,** a village in the district of Potsdam in the Prussian province of Brandenburg, 40 kilometers south of Berlin. The first attempt to bore for salt was made in October, 1867. — 11. **Wieliczka,** a mining town in the Austrian province of Galicia, is famous for its salt mines. They are situated just underneath the town and form, as it were, a second subterranean town which with its streets, squares, etc., occupies a much larger space than the town on the surface of the earth. — 12. **das Carbonat,** 'carbonate,' 'salt of carbonic acid.' — 13. **der Kalkspat,** 'calc spar,' 'calcite' (Latin *calx*, *calcis*, 'lime'); calcium carbonate or carbonate of lime; it includes common limestone, chalk, and marble. — 14. **der Kalkstein,** 'limestone.'

87. 1. **der Dolomit,** 'dolomite' (after the French geologist Dolomieu), a mineral consisting of carbonate of lime and magnesia in varying proportions. — 2. **Bitumen,** mineral pitch, a black tarry substance, burning with a bright flame. By extension the term includes any one of the natural hydro-carbons, the hard, solid, brittle varieties of asphalt and mineral tars, the oily petroleums and even the light, volatile naphthas. — 3. **der Tuff,** 'tufa' (Italian *tufo*, 'soft, sandy stone'), a soft or porous stone formed by depositions from water, usually calcareous. — 4. **die Versteinerung,** 'petrification,' 'petrifaction'; cf. German *der Stein*, 'stone' = πέτρα, akin to πέτρος, 'rock.' — 5. **die Bittererde,** 'magnesia' (bitter earth = talc earth = calcined magnesia). — 6. **das Auftreten,** 'appearance'; infinitive used as a noun; supply *ist*. — 7. **die Rauchwacke,** 'compact carbonate of lime.' — 8. **der Gips,** 'gypsum' (γύψος,

Arabic *jibs*, 'plaster,' 'mortar'); a mineral consisting of the hydrous sulphate of lime; when calcined, it forms plaster of Paris. The town of Sperenberg (cf. note on 86, 10) has important quarries of gypsum. — 9. **das Phosphat,** 'phosphate'; salt of phosphoric acid (*φῶς*, 'light' + *φέρειν*, 'bring'). — 10. **der Apatit,** 'apatite' (*ἀπάτη*, 'deceit,' from *ἀπατᾶν*, 'deceive'; it having been often mistaken for other minerals); a native phosphate of lime, occurring usually in six-sided prisms; color often pale green, transparent or translucent.

88. 1. **die Verkohlung,** 'carbonization'; cf. *die Kohle*, 'coal,' 'carbon.' — 2. **der Kohlenwasserstoff,** 'hydro-carbon.' — 3. **das Torfmoor,** 'turfmoor,' 'peat-moor,' 'bog.' — 4. **je . . . um so,** or **je . . . desto,** or **je . . . je,** 'the . . . the.' — 5. **die Steinkohlenformation,** 'carboniferous era'; cf. *die Steinkohle*, 'pit-coal,' 'mineral coal.' — 6. **die Festigkeit,** 'tenacity.' — 7. **Anthracite** (*ἀνθρακίτης*, 'like coal,' from *ἄνθραξ, -ακος*, 'coal,' 'charcoal'); differing from bituminous coal in containing little or no bitumen. The purer specimens consist almost wholly of carbon. — 8. **die Glanzkohle,** 'glance coal'; — **die Grobkohle,** 'clod coal'; — **die Schieferkohle,** 'slate coal,' 'foliated coal'; — **die Russkohle,** 'soot coal'; — **die Faserkohle,** 'fibrous coal.' — 9. **die Braunkohle,** 'brown coal,' 'wood coal,' 'lignite' (Latin *lignum*, 'wood'); it is a mineral coal retaining the texture of the wood from which it was formed. It is of more recent origin than the anthracite and bituminous coal of the proper coal series.

89. 1. **die Zusammenziehung,** 'contraction'; cf. *ziehen*, 'draw,' and *zusammen*, 'together.' — 2. **der Mantel,** 'mantle,' 'envelope,' 'covering.' — 3. **die Spannung,** 'tension'; cf. *spannen*, 'stretch'; — **das Verhältnis,** 'condition.' — 4. **der Kern,** 'kernel,' 'nucleus.' — 5. Dative. — 6. **säkular,** 'secular' (Latin *saeculum*, 'race,' 'generation').

90. 1. **das Riff,** 'reef,' 'ridge,' 'ledge.' — 2. **Polynesia** (*πολύς*, 'many' and *νῆσος*, 'island') includes all the intertropical islands of the Pacific Ocean eastward of the Philippine Islands to the north and the New Hebrides to the south of the equator. — 3. **absterben,** 'die,' 'decay.'

91. 1. **ruckweise,** 'intermissive'; cf. *der Ruck*, 'jolt,' 'jerk.' — 2. **die Verschiebung,** 'displacement'; cf. *schieben*, 'shove,' 'push.' — 3. **tektonisch,** 'tectonic,' 'structural' (Latin *tectonicus*, from *τεκτονικός*, from *τέκτων, -ονος*, 'carpenter,' 'builder').

92. 1. **durchsickern** or **einsickern,** 'trickle.' — 2. **der Humus,** 'humus' (Latin *humus*, 'earth,' 'ground,' 'soil'); it is that portion of the soil formed by the decomposition of animal or vegetable matter. — 3. **wasserfrei,** 'anhydrous.' — 4. **wasserhaltig,** 'hydrous.'

93. 1. **der Sprung,** 'crack,' 'fissure'; cf. *springen*, 'crack,' 'snap,' 'burst.' — 2. **der Riss,** 'rent,' 'cleft'; cf. *reissen*, 'tear,' 'rend.' — 3. **um sich greifen,** literally, 'grasp about one's self,' that is, 'gain ground,' 'spread.'— 4. Cf. note on 92, 1. — 5. **aber,** 'on the other hand.' — 6. **das Erz,** 'ore.' — 7. Cf. page 91, line 31.

94. 1. **ausstreichen,** 'crop out.' — 2. **die undurchlässige Schicht,** 'impermeable stratum'; cf. *lassen*, 'let,' and *durch*, 'through,' 'across.' — 3. **Artesian wells** (French *artésien*, from *Artois* in France, where many such wells have been made since the middle of the last century). — 4. **die Erosion,** 'erosion' (Latin *erodere, erosum; e=ex*, 'out' + *rodere*, 'gnaw'); the act of eroding or gnawing away. — 5. **die Verwerfung,** 'shift,' 'fault,' that is, a breaking off and dislocation of a seam. — 6. **durchsetzen,** 'permeate.' — 7. **die Tektonik,** 'tectonics,' 'structure'; cf. note on 91, 3. — 8. **vorbedingen,** 'stipulate'; translate **sie . . . sind,** 'the structure of the mountain-range forms a favorable condition.' — 9. **aufstauen,** 'dam up,' that is, form a dam or dike to confine and keep back flowing water; from the connection it is evident, however, that it is not the brook, but the mountain-chain (*Bergkette*) which forms the dam; the meaning is, that the brook increases in volume, until it forms a lake. — 10. **einnagen,** 'gnaw in,' 'eat in,' that is, into the mountain. — **ausnagen,** 'gnaw out,' 'erode'; cf. note on 94, 4.

95. 1. **abtragen,** literally, 'carry away,' 'pull off,' that is, 'level.' — 2. **zeugen,** 'bear witness'; to be distinguished from *zeigen*, 'show.' — 3. **stellt sich die historische Geologie . . . als Aufgabe,** literally, 'historical geology puts . . . as a purpose for itself,' that is, 'the purpose of historical geology is . . .' — 4. **darstellen,** 'represent.' — 5. **Im grossen ganzen,** 'upon the whole.'

96. 1. Cf. note on 11, 6. — 2. **Küsten und Riffe** are accusatives. — 3. **der Urwald,** 'primeval forest.' — 4. **der Schotter,** 'broken stones.' — 5. **der Binnensee,** 'inland lake'; cf. *binnen*, adv., 'within,' 'in the interior'; *der See*, 'lake'; *die See*, 'sea.' — 6. **süsses Wasser,** 'fresh water.' — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **die Facies,** 'facies' ('face'; 'general aspect'); cf. Latin *facies*, 'face.'

97. 1. Cf. note on 40, 1. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. Cf. note on 11, 6. — 4. **die Paläontologie,** 'paleontology' (παλαιός, 'old,' 'ancient' and ὄντα, 'existing things' and *logy*); the science which treats of the ancient life of the earth or of fossils which are the remains of such life. — 5. **der Uranfang,** 'the very beginning'; cf. *Urwald*, note on 96, 3. — 6. **die Flora,** 'flora' (in Latin the goddess of flowers, from *flos, floris*, 'flower'); the complete system of vegetable species growing without cultivation. — 7. **die Fauna,** 'fauna'; the animals of any given era. — 8. **Dies gilt,** is holds true.'

98. 1. **verkümmern,** 'become stunted,' 'wear away.' — 2. **gliedern,** 'form.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. **eingehender,** adv., 'more particularly,' 'more minutely'; cf. *eingehen*, 'go in,' 'search,' 'penetrate.' — 5. **der Horizont,** 'horizon' (ὁρίζων [κύκλος, '*cycle*'], 'the bounding line,' from ὁρίζειν, 'to bound,' from ὅρος, 'boundary'); in geology the epoch during which a deposit was made. — 6. Want of space compels us to give here only the description of the first era. — 7. **archäisch,** 'archaean' (ἀρχαῖος, 'ancient'). The *Archaean Period* is the earliest in geological history, extending up to the lower *Silurian;* it commonly includes an *Azoic Age*, previous to the appearance of life (yet cf. the author's remarks at the end of this article, page 100), and an *Eozoic Age*, including the first forms of life. — 8. **So tief auch,** 'however deep.'

99. 1. **der Gneis,** 'gneiss'; a crystalline rock, consisting, like granite, of *quartz*, *feldspar* and *mica*, but having these materials, especially the *mica*, arranged in planes, so that it breaks rather easily into coarse slabs or flags. *Hornblende* sometimes takes the place of *mica*. — 2. **die Urformation,** 'primeval formation,' 'original formation'; cf. *Urwald*, note on 96, 3, and *Uranfang*, note on 97, 5. — 3. **zu,** 'too.' — 4. **abweichen,** 'deviate.' — 5. **das Schiefergestein,** 'slate rocks,' 'foliated rocks'; they split into thin laminae, not necessarily parallel to the stratification. — 6. **flaserig,** more usually, **fladerig,** 'veined,' 'streaked'; cf. *die Flader*, 'irregular vein in metals or wood.' — 7. **schuppig** or **schuppicht,** 'scaly'; cf. *die Schuppe*, 'scale.' — 8. **wechsellagern,** 'alternate'; cf. *lagern*, 'lie down,' 'be in layers,' and **der Wechsel,** 'variation,' 'interchange.' — 9. **der bayrische Wald,** 'Bavarian forest'; it is situated in Eastern Bavaria, between Ratisbon (*Regensburg*) and Passau, close to the Danube, and the Bohemian forest. — 10. **sich einstellen,** 'appear.' — 11. **hornblendereich,** 'abounding in hornblende.' *Hornblende* is the common black or dark green or brown variety of *amphibole;* it belongs to the aluminous division of the species and is also characterized by its containing considerable iron; the term is often used to include the whole species. — **Amphibole** is so named from ἀμφίβολος, 'doubtful,' 'equivocal,' from ἀμφιβάλλειν, 'throw around,' 'doubt.' The genus was so called from the great variety of color and composition assumed by the mineral. It is a silicate of magnesium and calcium, with usually aluminium and iron. — **der Granat,** 'garnet' (Latin *granatum*, 'pomegranate') is so named from its resemblance in color and shape to the grains or seeds of the pomegranate. It is a mineral having many varieties differing in color and constituents, but with the same crystallization (isometric). — **der Eklogit,** 'eclogite' (ἐκλογή, 'selection,' from ἐκλέγειν, 'pick out,' 'choose'),

is so called from its beauty; it is a rock consisting of granular red garnet, light green smaragdite (therefore also called in German *Smaragditfels*) and common hornblende. — **der Glimmer,** 'muscovite,' 'common potash mica.' — **der Granulit,** 'granulite' (Latin *granulum*, diminutive of *granum*, 'grain') is a whitish granular rock, consisting of feldspar and quartz intimately mixed. — 12. **abnehmen,** 'diminish,' 'lessen'; cf. *zunehmen*, 'increase.' — **der Feldspat,** 'feldspar,' 'feldspath,' is the name given to a group of minerals, closely related in crystalline form, and all silicates of alumina with either potash, soda, lime or, in one case, baryta. — 13. **der Glimmerschiefer,** 'mica-slate,' 'micaceous schist.' — **Mica** (Latin *mica*, 'crumb,' 'grain,' 'particle') is the name of a group of minerals characterized by highly perfect cleavage, so that they readily separate into very thin leaves (laminae), more or less elastic. They differ widely in composition, and vary in color from pale brown or yellow to green or black. The transparent forms are used in lanterns, the doors of stoves, etc., being popularly called 'isinglass.'

100. 1. **der Phyllit,** 'phyllite' (φύλλον, 'leaf'), 'clay slate,' 'argillaceous schist.' — 2. **thonig,** 'clayish,' 'argillaceous'; cf. *der Thon*, 'clay.' — 3. Cf. note on 85, 9. — 4. **sich umschauen,** 'look round.' — 5. **der Syenit,** 'syenite' (Latin *syenites*, from *Syene* in Upper Egypt, where it was quarried by the ancient Egyptians), is a granular crystalline rock composed of quartz, hornblende, and feldspar. — 6. **Cambrium,** 'Cambrian,' belongs to the lowest subdivision of the rocks of the Silurian or Molluscan Age, sometimes described as inferior to the Silurian. It is so named from its development in Cambria or Wales. — 7. **der Serpentin** or **Schlangenstein,** 'serpentine,' is a mineral consisting chiefly of the hydrous silicate of magnesia. — 8. **das Urschleimtier,** 'original mollusca' (Latin *mollusca*, 'a kind of soft nut with a thin shell,' from *molluscus*, 'soft'; *mollis*, 'soft'); one of the grand divisions of the animal kingdom; cf. *der Schleim*, 'slime,' 'mucus.' — 9. **Eozoon** (ἠώς, 'dawn' and ζῷον, 'animal'); the term *Eozoic* has been proposed for the strata formerly called *Azoic*, and is preferred especially by those geologists who regard the *eozoön* as of organic origin. — 10. Cf. notes on 96, 3 and 97, 5. — 11. **azoisch,** 'azoic' (ἀ priv. and ζωή, 'life'); 'destitute of any vestige of organic life,' thus the 'Azoic Age' is the age preceding the existence of animal life.

101. 1. This article (Sections IV and V) was written by Professor Heinrich Möhl and appeared in the *Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge*, 9. Serie, Nummer 202, herausgegeben von Rud. Virchow und Fr. v. Holtzendorff. — 2. On **gewöhnt** depends the infinitive **zu betrachten** (line 5) and on the latter the accusative **die**

Holzsubstanz, etc. — 3. **flüchtig,** 'volatile'; cf. Latin *volare,* 'fly,' and German *fliegen,* 'fly.' — 4. **in Dampf verwandelten Wassers**; cf. note on 3, 2. — 5. **sowohl,** 'not only.' — 6. **als mehr noch,** 'but still more,' 'but moreover.' — 7. **die,** relative pronoun. — 8. **gleichsam,** 'as it were,' 'so to speak.' — 9. **alles** is the antecedent of **was.** — 10. Cf. note on 3, 2; **von Ewigkeit her**; **bis in Ewigkeit hin**: cf. note on 13, 2. — 11. Genitive. — 12. **Werfen wir nur,** 'just let us cast.' — 13. Accusative of time. — 14. **bezw.** = *beziehungsweise,* 'respectively.'

102. 1. Cf. note on 3, 2. — 2. **gegenüber,** preposition with dative, often preceded by the noun it governs, 'as to,' 'in reference to,' 'in view of.' — **nichts weniger als,** 'anything but.' — 3. Cf. note on 3, 2. — 4. Nominative plural. — 5. **abgesehen von,** 'apart from'; cf. *absehen,* 'look away.' — 6. **succussorisch,** 'successive' (Latin *succussare,* 'jolt' from *succutere, succussum,* 'fling up from below,' 'toss up' from *sub,* 'under,' and *quatere,* 'shake'); characterized by a shaking motion, especially an up-and-down movement, and not merely tremulous oscillation.

103. 1. **fortpflanzen,** 'propagate.' — 2. **undulatorisch,** 'undulatory' (Latin *undulatus,* 'undulated,' 'wavy,' from *undulare,* a diminutive verb from *undare,* 'wave'). — 3. Supply *Mauern.* — 4. Genitive plural; cf. note on 3, 2. — 5. **sich,** reciprocal, 'one another,' 'each other.' — 6. **rotatorisch,** 'rotatory'; cf. Latin *rota,* 'wheel.' — 7. **Oppido Mamertina,** a city in the Italian province of Reggio di Calabria in the district of Palmi at the foot of the Appenines; population about 4000. The old town now lying in ruins at a little distance from the present city, was the central point of the earthquake of 1783. — 8. **der Stadtplan,** 'plan' or 'map of the city.' — 9. **im Mittel,** 'on the average.' — 10. **stattfinden,** 'take place.' — 11. **linear,** 'lineal' (from the Latin *linea,* 'line'). — 12. **Chili** is subject to frequent earthquake shocks which, without causing damage, occasion much alarm, lest they should be followed by the earthquake itself. — 13. **Neuseeland,** 'New Zealand.' — 14. **Q.-M.** = *Quadratmeile,* 'square mile.' — 15. **Lissabon,** 'Lisbon' (in Portuguese *Lisboa*). — 16. This area corresponds nearly to the area of the continent of Europe, as the latter forms about a twelfth part of the whole land surface of the globe.

104. 1. **m** = *meter.* — 2. **km** = *kilometer.* — 3. **qkm.** = *Quadratkilometer,* 'square kilometer.' — 4. **hochgebäumte Welle,** 'great rising of the waves'; *aufbäumen,* in reference to weaving, 'wind on the beam,' 'wind up'; *sich bäumen* or *sich aufbäumen* is often used in reference to a horse; thus, *das Pferd bäumt sich,* 'the horse rears.' — 5. Cf. note on 5, 2. — 6. **Salzungen,** a town in the duchy of Saxe-Meiningen in Thuringia; population about 4000; the lake is situated

near the town. — **Wenersee,** 'lake Wener,' is the largest lake in Scandinavia; it is situated in the southwestern part of Sweden. — 7. Cf. note on 60, 2. — 8. **vorausgehen,** 'precede.' — 9. Cf. note on 3, 2. — 10. **Caracas,** a city of South America, capital of Venezuela; popula tion about 50,000. — 11. **die Nachwirkung,** 'after-effect.'

105. 1. **Cumana,** a city of Venezuela, capital of a province of the same name, 180 miles east of Caracas. It is the oldest European city in South America, having been founded by Diego Castellon, in 1523. It was almost totally destroyed by the terrible earthquake of 1766 and has since repeatedly suffered from earthquakes. — 2. **Calabria,** the name given by the Romans to the peninsula at the southeastern extremity of Italy and now given to the peninsula at the southwestern extremity. — 3. **der Erdgürtel,** 'zone'; cf. *der Gürtel,* 'girdle,' 'belt.' — 4. **N. Br.** = *nördlicher Breite,* 'northern latitude.' — 5. **Lima,** capital of the republic of Peru, was founded on January 18, in the year 1535, by Francisco Pizarro who named it *Ciudad de los Reyes,* in honor of the emperor Charles V. The most disastrous of the earthquakes was that of 1746 when 50,000 of the inhabitants perished and the port of Callao, situated at a distance of seven miles from the city, was destroyed. — 6. **beobachtet** can be taken as the imperfect passive with *wurden* understood or as a participle used appositively to denote a concession, 'although observed.' — 7. **aber,** 'nevertheless.' — 8. **mutmasslich,** 'presumable.' — 9. Cf. note on 28, 8. — 10. **Aufblitzen,** 'flash'; infinitive used as a noun. — 11. Cf. note on 102, 5.

106. 1. **weittragend,** 'far-reaching.' — 2. **dauernd bleibend,** 'permanent.' — 3. **Abdämmen,** 'dam up,' 'embank'; infinitive used as a noun. — 4. **die,** etc. = *die kontinentalen Hebungen oder Senkungen erfolgenden wenn auch nur sehr allmählich, dafür aber kontinuierlich.* — 5. **um** belongs to **zu ergründen.** — 6. **annähernd,** adverb, 'approximately'; cf. *nähern,* 'draw near,' 'approach,' and *nahe,* 'near.' — 7. Cf. note on 3, 2. — 8. **verschieden,** adverb, 'variously.' — 9. **der Seismograph,** 'seismograph' (σεισμός, 'earthquake,' from σείειν, 'shake,' and γράφειν, 'write,' 'describe'); the apparatus for registering the shocks and undulatory motions of earthquakes. — 10. Cf. note on 1, 4. — 11. **der Oberflächenmittelpunkt,** 'central point on the surface'; cf. *ober,* 'upon' (ἐπί); *die Fläche,* 'surface'; *mittel,* 'middle'; *der Punkt,* 'point.' — 12. **das Amt,** 'district,' 'jurisdiction.' — **Gehren,** a town in the principality of Schwarzburg-Sondershausen at the northern base of the Thuringian forest; population about 2000. — 13. **um 3 U. 56′ 9″ p. M.** = *um 3 Uhr 56 Minuten 9 Sekunden post Meridiem.* — 14. **p. M.** = *per Minute.* — 15. **der Herd,** 'hearth,' 'focus,' 'source.'

107. 1. Cf. note on 3, 7. — 2. **gegen,** 'compared with.' — 3. **breiartig,** 'pappy,' 'pulpy.' — 4. **das Sphäroid,** 'spheroid' (σφαιροειδής from σφαῖρα, 'sphere,' and εἶδος, 'form'). — 5. **ablagern,** 'deposit.' The subject is: *die ungleich weit schwerere Atmosphäre als heutigen Tages* (*welche ungleich* ['incomparably'] *weit schwerer war als heutigen Tages*); the direct object is: *das . . . Wasser* (cf. note on 3, 2). — 6. **brodeln,** 'boil up,' 'bubble.' — 7. **gewuchtig,** adverb, 'heavily,' 'tremendously.' — 8. Cf. note on 3, 2. — 9. **hervorbringen,** 'bring forth,' 'produce.' — 10. **die krystallinische Umbildung,** 'crystalline transformation,' is the subject with the verb *brachte* (line 31) understood. — 11. **kurz,** 'in short.'

108. 1. Accusative. — 2. Cf. note on 3, 2. — 3. **abringen,** literally 'gain by wrestling,' that is, 'extort,' 'wrest.' — 4. **immer tiefer,** 'deeper and deeper.' This is generally the best translation of the comparative preceded by *immer*, thus, *immer besser*, 'better and better.' — 5. **Tausende von Metern stark,** 'to the extent of thousands of meters.' — 6. **das Trümmermaterial,** 'conglomerate.' — 7. **üppig wuchernd,** 'growing luxuriantly.' — 8. Dative. — 9. **hoch aufgebäumt,** 'piled up on high'; cf. note on 104, 4. — 10. **das Gleichgewicht,** 'equilibrium.' — 11. **sind . . . erhalten,** supply *worden*, 'have been preserved.'

109. 1. Adverb. — 2. Cf. note on 88, 9. The formation of brown coal (lignite) and turf (peat) belongs to the Quarternary Age of the Cenozoic Era. The Cenozoic Era (καινός, 'recent' and ζωή, 'life') denotes the most recent division of geological time, including the Tertiary or Age of mammals, and the Quaternary or Age of man. Yet the term is used by many authors as synonymous with Tertiary, the Quaternary Age not being included. — 3. **massenhaft,** adverb, 'in a mass,' 'in enormous numbers.' — 4. **einlagern,** 'imbed'; cf. *das Lager*, 'couch,' 'bed.' — 5. **Sieblos,** name of a place in the Rhön mountains. — 6. **die Rhön** or **das Rhöngebirge,** 'Rhön mountains'; these mountains are situated in the northwestern part of the Bavarian district of Lower Franconia, and in the southwestern part of Thuringia. — 7. Supply *finden wir* (line 7) after **rechnen.** — 8. **wenn man sagen darf,** 'so to speak.' — 9. **bleibt dahin gestellt,** 'is uncertain,' 'is undecided.' — 10. **So sicher wie,** 'as surely as,' 'with the same certainty as.' — 11. **wir** is the subject of **schliessen.** — 12. **die Artengleichheit,** 'likeness of species.' — 13. Supply *wie* and cf. note 10 above. — 14. Supply *sicher*. — 15. Dative; but it may be rendered here as if it were a genitive depending on **Umgestaltung.**

111. 1. The **Thian-Shan** mountains or Celestial mountains are in Central Asia between the 40th and 44th degree of northern latitude

and extend from the 73d to the 95th degree of eastern longitude. According to Chinese writers, volcanic phenomena appear in the eastern parts of these mountains. A volcano, called **Po-Shan** or Ho-Shan, is supposed to be situated near the city of Kutsha under 82° 30′ eastern longitude. — 2. **der Erdschoss,** 'interior of the earth'; cf. *der Schoss,* 'lap,' 'bosom.' — 3. **die Schlacke,** 'scoria,' 'cellular slaggy lava'; 'volcanic cinders.' — 4. Cf. note on 3, 2. — 5. **auszeichnen,** 'distinguish.' — 6. **kegelförmig,** 'conical.' — 7. **domartig,** 'dome-shaped.' — 8. **als fände es . . . statt** = *als wenn es . . . stattfände,* 'as if it took place.' — 9. **hell,** 'ringing,' 'shrill,' 'piercing.' — 10. **sinnverwirrend,** 'stupefying'; cf. *der Sinn,* 'mind,' and *verwirren,* 'bewilder.' — 11. **mitbringen,** 'carry along.' — 12. **fort und fort,** 'continually.'

112. 1. **die Glastropfen** or **Glasthränen,** 'Rupert's drops,' 'glass-tears'; a kind of glass drop with a long tail, made by dropping melted glass into water. It is remarkable for bursting into fragments when the surface is scratched or the tail broken; so called from Prince Rupert, nephew of Charles I, by whom they were first brought to England. — 2. **Rapilli,** more commonly called **Lapilli** (Latin *lapillus,* diminutive of *lapis,* 'stone'); volcanic ashes, consisting of small, angular, stony fragments or particles. — 3. **hervorschiessen,** 'send forth,' 'emit.' — 4. **teigartig,** 'doughy,' 'flabby'; cf. *der Teig,* 'dough.' — 5. **der Fetzen,** 'shred,' 'fragment.' — 6. **die Bombe,** 'bomb'; a volcanic bomb is a mass of lava of a spherical or pear shape. — 7. **aufbauen,** 'build up,' 'construct.' — 8. Cf. note on 88, 4. — 9. **aufsteigen,** 'ascend,' 'mount'; **absteigen,** 'descend.' — 10. **der Gesteinsschmelzfluss,** 'stream of molten stones'; cf. *schmelzen,* 'melt,' and *der Fluss,* 'flow,' 'river,' 'stream.' — 11. **zufällig,** 'casual,' 'occasional'; cf. note on 3, 2. — 12. **die Scholle,** 'clod.' — 13. **zu,** 'in the shape of.' — 14. **geschoben,** 'pushed,' 'raised'; this past participle is in apposition to **die.** — 15. **der Nachwuchs,** literally 'after-growth' (cf. *wachsen,* 'grow'), that is, 'the following lava-waves.' — 16. Cf. note on 3, 2. — 17. **wogegen,** 'while on the other hand.' — 18. **das Grundgebirge,** 'base of the mountain.' — 19. **zwiebelartig,** 'bulbous,' 'like a bulb'; cf. *die Zwiebel,* 'onion,' 'bulb.' — 20. **der Spiegel,** 'surface,' 'top.' — 21. **Mag . . . nicht,** 'whether or not the volcano has poured forth lava.' — 22. Cf. note on 20, 1.

113. 1. **nachstürzen,** 'cave in.' — 2. **erweitern,** 'enlarge,' 'widen'; cf. *weit,* 'wide,' 'large.' — 3. **das Kesselthal,** 'caldron-shaped' or 'basin-like valley.' — 4. **der Einsturzkrater,** 'incavated crater.' — 5. **n. Chr.** = *nach Christo,* 'after Christ,' 'A.D.' — 6. At the beginning of the Christian era, and for many previous centuries, no eruption had been known to take place from the mountain, and the volcanic nature of the

locality was perhaps not even suspected by the inhabitants who planted their vineyards along its fertile slopes. — 7. **Spartacus**, the famous leader of a formidable insurrection of slaves against Rome, took refuge on Mount Vesuvius and in its precipices where in 73 B.C. he maintained himself for some time against the Roman army. — 8. **Pompeii**, an ancient town of Campania, was situated on the shore of the Bay of Naples almost immediately at the southeastern base of Mount Vesuvius. — 9. **markerschütternd**, 'penetrating to the very marrow'; cf. *das Mark*, 'marrow,' 'pith' (to be distinguished from *die Mark*, 'boundary,' 'district'), and *erschüttern*, 'shake violently,' 'convulse.' — 10. **die Bodenrüttelung**, 'shaking' or 'rocking of the soil'; cf. *rütteln*, 'shake,' 'jolt.' — 11. **die Pinie**, 'pine-tree.' — 12. **Herculaneum**, a small city of Campania, was situated between two streams at the western base of Vesuvius. — 13. **Stabiae**, farther south than Pompeii, on the site of the modern Castellamare. — 14. **wolkenbruchartig**, 'like a cloud-burst'; cf. *die Wolke*, 'cloud'; *brechen*, 'break,' 'burst,' and *die Art*, 'kind,' 'manner.'

114. 1. **zackig**, 'jagged,' 'indented.' — 2. **bogenförmig**, 'arched,' 'semicircular'; cf. *der Bogen*, 'bow,' 'arch.' — 3. **Somma** (Italian from Latin *summus*, feminine *summa*, 'highest'). — 4. **der Schuttkegel**, 'ashy cone'; cf. *der Schutt*, 'rubbish,' 'ruins.' — 5. **das Ringthal**, 'circular valley'; it is really an extensive gorge. — 6. **getrennt**, 'separated,' that is, from the *Somma*. — 7. **Le Piane** (Italian = *die Ebene*, 'plain'). — 8. Cf. note on 13, 2. — 9. **die umliegenden Orte**, 'the surrounding regions,' is in the accusative. — 10. **in Brand stecken**, 'set on fire'; cf. *brennen*, 'burn.' — 11. **die Seitenspalte**, 'vent,' 'flank of the mountain'; cf. *die Seite*, 'side,' and *die Spalte*, 'split,' 'crack.' — 12. **die . . . erreichten** (line 25); *die* is here relative pronoun, referring to *Lavaströme*; cf. note on 3, 2, as to *überwindend* and *geteilt*; translate 'which [after] overcoming every obstacle [and] having separated into sundry branches each [of them being] several kilometers wide reached the impetuously raging sea in less than an hour.' — 13. **Torre del Annunziato** or Torre dell' Annunziata, a town in the province of Naples, 12½ miles southeast from that city on the Bay of Naples, at the southern base of Vesuvius. **Torre del Greco**, a town in the province of Naples, 7½ miles to the southeast of that city, at the southwestern base of Vesuvius, on the shore of the Bay of Naples. It is built chiefly of lava and stands on the lava-stream of 1631 which destroyed two-thirds of the older town; population about 21,000. **Resina**, a town 6 miles southeast of Naples and practically a southern continuation of Portici; population about 14,000. **Portici**, five miles south of Naples,

a little to the north of the site of Herculaneum. — 14. Cf. note on 3, 2. **Schlag auf Schlag,** literally 'blow upon blow,' that is, 'in rapid succession.' **der Kugelblitz,** 'globe lightning.' The fire-ball is almost incomparably less brilliant than forked lightning, because, though it lasts long enough to give the full impression of its brightness, it is rarely brighter than iron in the state which we call "red-hot." It is always spherical, often more than a foot in diameter, and appears to fall from a thunder-cloud by its own gravity, sometimes rebounding after striking the ground. It usually bursts with a bright flash and a loud explosion, occasionally discharging flashes of lightning. — 15. **der Zickzackblitz,** 'forked lightning.' — 16. Cf. note on 3, 2. — 17. Italian *bocca*, plural *bocche*, 'mouth.'

115. 1. Supply *Eruptionen* after **bedeutendsten.** — 2. **Verschwindend,** adverb, literally 'disappearingly,' that is, 'infinitesimally'; cf. *verschwinden*, 'disappear,' 'vanish.' — 3. **aussehen,** 'appear.' — 4. **dröhnen,** 'roar,' 'rumble,' 'groan.' — 5. Cf. note on 113, 11. — 6. **die** is the subject of **entstiegen** (line 9). — 7. **vorschreitend,** 'advancing,' 'outlying,' 'furthermost.' — 8. **versengen,** 'singe,' 'parch.' — 9. **die Schichtwolke,** 'stratified cloud.' — 10. Genitive plural. — 11. **welcher** refers to *Dampfstrom*. — 12. **die Ballenwolke,** 'spherical cloud'; cf. *der Ball*, 'ball,' 'globe.' — 13. **die Dampfsäule,** 'column (or 'pillar') of steam.' — 14. **strahlen,** 'beam,' 'radiate,' 'shine.' — 15. **das Alpenglühn,** 'Alpine glow,' 'Alpine radiance' or 'effulgence.' The terme 'Alpine' is generally used in reference to the Alps, but often also in speaking of any lofty mountains. — 16. **vor,** 'in contrast with.' — 17. **verglimmen,** 'die out,' 'vanish.' — 18. **quellen,** 'swell,' 'rise'; cf. *der Quell*, 'source,' 'spring.' — 19. **Drunten,** adverb, 'there below.' — 20. **kaltbläulich,** literally 'cold bluish,' that is, 'steel blue.' — 21. Cf. note on 3, 2. — 22. Cf. note 8 above. — 23. **aufschlagen,** 'break out,' 'burst out.'

116. 1. On **Bild** depends the genitive **dieses . . . Schauspiels; erhaben, entsetzlich, grässlich** are used here as adverbs. — 2. Dative. — 3. **umhergetrieben wurde,** 'was tossed about'; after *wurde* supply *der* (from line 5), relative pronoun, subject of *sich nähert* (line 8). — 4. **Luzon,** one of the Philippine Islands, an archipelago in the southeast of Asia. The geology of Luzon, the best known of all the archipelago, is to a large extent matter of conjecture. Volcanic forces have had a great share in shaping the archipelago, and a large number of the mountains bear the stamp of their former activity. But those that still have the credit of being working volcanoes are comparatively few. — 5. **der schönsten einer** = *einer der schönsten*. — 6. **der stets thätige Vulkan Ambil** is the subject of the verb **beleuchtet** (line 13); the direct objects

of the verb are **den Eingang . . .**, **die Stadt . . .** and **die ganze Pracht . . .** — 7. **der,** relative pronoun, is the subject of **sich erhebt** (line 11). — 8. **Manila,** the capital of Luzon and the Philippine Islands, and the center of Spanish commerce in the East, was founded in the year 1571 and is situated on the eastern shore of a circular bay 120 nautical miles in circumference. — 9. The Lipari Islands, by the ancients called Aeolian Islands, to the north of Sicily, belong to the Italian province of Messina. The seven principal islands are Lipari, Salina, Volcano, Stromboli, Panaria, Filicuri, and Alicuri; besides which there are ten islets, some of them mere rocks, the remains of a great central volcano now submerged. The volcano **Stromboli** has been in constant activity for 2000 years. Mount Etna is situated near the eastern sea-coast of Sicily; its height is 10,874 feet. — 10. **Cotopaxi,** a volcano of the Andes, in Ecuador, thirty-five miles south-southeast of Quito. In 1803 Humboldt reported, that at the port of Guayaquil, 160 miles from the crater, he heard the noise of the eruption day and night. — 11. **Ischia,** the mediaeval Isea, a volcanic island of Italy, is situated at the north entrance to the Bay of Naples. Monte **Epomeo** or San Nicola, which rises to the height of 2600 feet above the sea, is the highest point. — 12. **Solfatara** (Italian from *zolfo*, 'brimstone,' 'sulphur,' Latin *sulfur*) is a volcanic area or vent which yields only sulphur vapors, steam, and the like; it represents the last stages of volcanic activity. — 13. Supply **heisse Dämpfe** (line 25). — 14. Relative pronoun. — 15. **metamorphosieren,** 'transform,' 'transmute,' 'metamorphose' (μετά, 'beyond,' 'over' and μορφή, 'form'). — 16. **Puzzuoli** or Pozzuoli, called Puteoli by the Romans, is a city of Italy, on the northern shore of the Bay of Puzzuoli, the western portion of the Gulf of Naples; population about 12,000. In the plain, called *Campi Flegrei* (**phlegräische Felder**), near Puzzuoli, are 27 extinct craters. — 17. Supply **Solfatara.** — 18. Cf. note 9 above. — 19. **Java,** although not the largest of the islands of the Indian Archipelago, is in every other respect the most important of them all; if the whole island be taken in view, there is scarcely any region of the world of equal extent which can boast of so many volcanoes. — 20. Supply **Krater.**

117. 1. **Mauna Loa** or Mauna Roa, that is, 'the Great Mountain.' Though the Hawaiian or Sandwich Islands are mountainous, none of the eminences reach the limit of perpetual snow. All the islands are of volcanic origin and are entirely composed of the products of eruption. On one of them (Hawaii) the volcanic forces are still in operation; on all the others they have been quiescent for an indefinite period. — 2. **abfallen,** 'slope.' — 3. **qualmen,** 'steam,' 'smoke'; cf. *der Qualm*,

'thick vapor,' 'steam.' — 4. Supply **Entfernung.** — 5. Cf. note on 97, 8. — 6. **glockenförmig,** 'bell-shaped.' — 7. The name **Ararat** originally designated a whole district of Asia, but has long been appropriated by the uniform usage of Europeans to the lofty Armenian mountain which stands on the confines of the Russian, Turkish, and Persian dominions; it is about equally distant from the Black Sea and the Caspian, from the Mediterranean and the Persian Gulf. Mount Ararat is the culminating point of the Armenian Plateau, which reaches at its base a height of 3000 feet. From this it rises in a graceful isolated cone (having at its side the more perfect, but less lofty, cone of Little Ararat) far into the region of perennial snow. — 8. **Popocatepetl** (Aztec *popocani,* 'smoking'; *tepetl,* 'mountain'), a burning mountain, which, along with the neighboring and somewhat lower summit of Ixtaccihuatl (Aztec 'White Woman'), forms the southeastern limit of the great valley in which the capital of Mexico is built. There have been only two or three moderate eruptions during the last 300 years, though smoke continually issues from the crater. — 9. Cf. note on 3, 2. — 10. Supply **worden sind;** cf. note on 4, 1. — 11. **man** is the subject of **mitzählen wollte** (line 29). — 12. Cf. note on 4, 1. — 13. **Monte Rosso,** plural *Monti Rossi.* The eruptions of Mount Etna occur but rarely from the chief crater. In most cases special craters were formed, from which the streams of lava poured forth. In this manner arose the Monti Rossi at the terrible eruption of 1669. — 14. **der Ätna, der Jorullo,** and **der Gunong Gelungung** are the subjects of the verb **umgeben werden** (line 33). — 15. Supply **solcher . . . Kegel** (line 32). — 16. **Jorullo,** a volcano in Mexico, State of Michoacan, not very far from the Pacific Ocean, arose during the night of September 29, 1759, in connection with a great earthquake. The plain became covered far and wide with hundreds of burning upheavals, like small cones, and in the midst of these upheavals arose a mountain out of scoria and ashes. Its summit (1225 m.) surmounted the surrounding region by 517 m. Alexander von Humboldt visited and examined the volcano in 1804 and described the occurrence according to the information he received from eye-witnesses who were then still living. — 17. **der Wulst,** 'mass,' 'bulk.' — 18. **untermeerisch,** 'submarine'; cf. Latin *sub,* 'under' (*unter*); Latin *mare,* 'sea' (*das Meer*).

118. 1. **aufblähen,** 'inflate.' — 2. **der Bimsstein,** 'pumice-stone.' — 3. **ausspeien,** 'emit,' 'eject.' — 4. The Azores or Western Islands (Portuguese *Ilhas Açores*) form a province, not a colony, of the kingdom of Portugal, although they are 1700 km. distant from the mainland. The volcanic character of the whole Archipelago is very evident and has been abundantly confirmed by the numerous earthquakes and eruptions which

have taken place since its discovery. On various occasions, as in 1638, 1720, 1811, and 1867, subterranean eruptions have taken place, which have sometimes been accompanied by the appearance of temporary islands. Of these the most remarkable was thrown up in June, 1811, about half a league from the western extremity of St. Michael's, the largest and most populous of the islands. A crater appeared, the highest point of which arose 80 m. above the sea. The island was called Sabrina by Captain Tillard of the English man-of-war of that name, who witnessed the phenomenon and landed on the island on July 1. It disappeared toward the end of October and in its place there are now depths of 27 m. — 5. **Ferdinandea,** a volcanic island, which arose in 1831 about 60 km. from Sciacca, a town on the southwestern coast of Sicily, but soon after disappeared. The rising of the island was preceded by terrific shocks, which frightened the inhabitants of Sciacca. The eruption, which produced the new island, began at the bottom of the sea on a place which before had a depth of 200 m. By a series of successive eruptions the island reached a height of 60 m. above the sea. It was at once taken possession of by the English, but by December of the same year there was no longer any trace of the island visible. — 6. **wohl,** 'probably'; the meaning of *wohl* is different here from that in the phrase *sowohl . . . wie* or *sowohl . . . als,* 'as well . . . as.' — 7. **überhaupt,** 'at all.' — 8. **der Propf,** 'cork.' — 9. **auftauchen,** 'emerge.' — 10. Thera, or, as it is now called, **Santorin,** is a volcanic island in the Aegean Sea, the southernmost of the group of islands called Sporades, which intervene between the Cyclades and Crete. On the west lies the smaller island of Therasia. Santorin and Therasia have been recently the scene of a remarkable archaeological discovery. In the southern parts of both these islands prehistoric dwellings have been found at some height above the sea, and there is no reasonable cause to doubt that these date from a period antecedent to the falling in of the crater and the formation of the bay. The foundation of these dwellings rested not on the tufa, but on the lava below it. — The island Hiera (now called Palea-**Kaimeni**) arose in the year 199 B.C.; it was considerably enlarged by later volcanic eruptions in the years 19 and 726 A.D. In the year 1573 the island Mikra-Kaimeni arose, and at last in 1707–11 between the latter and the Palea-Kaimeni appeared the island Nea-Kaimeni. Violent volcanic eruptions occurred in these regions from January, 1866, to the end of October, 1870, which led to the formation of new islets. — 11. **Solche Lavakerne** is the subject of the verb *führen,* 'take' (line 28). — 12. Cf. note on 4, 1. — 13. **die,** relative pronoun. — 14. **herausgespült,** 'washed up,' past participle in apposition with **die.** —

15. **zähflüssig**, 'viscous,' 'glutinous'; cf. *zäh*, 'tough,' 'tenacious,' and *fliessen*, 'flow'; *der Fluss*, 'river.' — 16. **in . . . Schollenhaufen**, 'in shapeless heaps of clods, which are near the state of congelation.' — 17. **ohne Zwang**, literally 'without compulsion,' that is, 'easily.' — 18. **geradlinig**; cf. note on 56, 10. — 19. **krummlinig**, 'curvilinear.' — 20. **spricht dafür**, literally 'speaks for it,' that is, 'speaks for what follows,' 'indicates,' 'proves.' — 21. Supply **sind** (page 119, line 2).

119. 1. **der Kamm**, 'ridge.' — 2. **demselben**, dative, depending on **conform**. — 3. **bei**, 'in the case of.' — 4. **der Küstencontour**, dative, depending on **conform**.

Anthropology.

120. 1. The following article is taken from a treatise on *Anthropologie*, published by Professor E. Rebmann of the Gymnasium at Karlsruhe in the *Sammlung Göschen* in 1891. — 2. **dickflüssig**, 'thickened,' 'concreted.' — 3. **spec. Gew.** = *specifisches Gewicht*. — 4. **sich sondern**, separate'; cf. the English verb *sunder*. — 5. **der Blutkuchen**, 'clot.' — 6. **gerinnen**, 'coagulate.' — **das Fibrin**, 'fibrin'; cf. German *Faser*, 'fibre,' and *Stoff*, 'matter.' — 7. Cf. note on 19, 4. — 8. **das kreisförmige Scheibchen**, 'circular disk.' — 9. **gallertartig**, 'gelatinous.' — 10. **das Hämoglobin**, 'haemoglobin' or 'hemoglobin' (*hemo*, from *αἷμα*, 'blood,' and *globe*). — 11. **das Eiweiss**, 'the white of an egg,' 'albumen.'

121. 1. **Amöbe**, 'amoeba' (*ἀμοιβή*, 'change'). — 2. **weiterfliesst**, why not *fliesst . . . weiter?* — 3. **zu Grunde gehen**, 'perish.' — 4. **die Milz**, 'milt,' 'spleen.' — **das Knochenmark**, 'marrow of the bones.' — 5. **die Spitze**, 'apex.' — 6. **die Brusthöhle**, 'cavity of the chest.' — 7. **etwas etc.**, 'somewhat-inclined, from the rear above towards the front below.' — 8. **quergestreift**, 'transversely striped.' — 9. **der etc.**, literally 'which, however, is wholly withdrawn from the will'; translate: 'over which, however, the will exercises no control whatever.' — 10. **netzartige Verzweigungen**, 'reticulated ramifications'; cf. Latin *reticulum*, diminutive of *rete*, 'net.' — 11. **die Vorkammer**, 'auricle'; so called from its resemblance to the auricle (Latin *auricula*, diminutive of *auris*, 'ear') or external ear of some quadrupeds. — 12. **die Herzkammer**, 'ventricle.' — 13. **der Muskelbündel**, 'fascicle of muscles'; cf. German *Bündel*, Latin *fascis*, English 'bundle.' — 14. **die Längsscheidewand**, 'longitudinal partition-wall,' 'septum.'

122. 1. **die seichte Furche**, 'slight furrow.' — 2. **die Rinne**, 'groove.' — 3. Cf. note on 40, 1. — 4. **leistenförmig**, 'lattice-like.' —

5. **der Fleischbalken,** 'fleshy column,' *columna carnea.* — 6. **häutig,** 'membranous,' 'cuticular.' — 7. **der Herzbeutel,** 'pericardium' (*περί,* 'about,' and *καρδία,* 'heart'). — 8. **das Zwerchfell,** 'diaphragm' (*διάφραγμα,* from *διά,* 'through,' and *φραγνύναι,* 'fence,' 'inclose'); cf. German *zwerch,* 'across,' and *das Fell,* 'skin.' — 9. **der Blutstrom,** 'blood stream.' — **die Rückstauung,** 'recoil.' — 10. **das Ventil** or **die Klappe,** 'valve.' — 11. **dreizipflig,** 'tricuspid' (Latin *tri,* akin to *tres,* 'three,' and *cuspis,* 'point'; cf. German *Zipfel,* 'cusp,' 'point,' 'end'; **zweizipflig,** 'bicuspid.' — 12. **halbmondförmig,** 'semilunar.'

123. 1. Cf. note on 29, 1. — 2. Cf. note on 13, 2. — 3. **durchspülen,** 'wash,' 'cleanse.' — 4. **diese** = *die Lunge;* that is, the blood passes through vessels which traverse the lungs. — 5. **die Zusammenziehung,** 'contraction,' 'systole' (*συστολή,* from *συστέλλειν,* 'contract'; *σύν,* 'with,' 'together,' German *zusammen,* and *στέλλειν,* 'place'). — 6. **schlaff,** 'relaxed'; **erschlaffen,** 'relax,' 'slacken'; *die Erschlaffung,* 'relaxation.' — 7. **Die Vene,** 'vein' (Latin *vena*).

124. 1. **sie** depends on **drehend.** — 2. **straff gespannt,** 'tightly stretched.' — 3. **sich zurückschlagen,** 'be driven in.' — 4. **zurück,** adverb, belongs to the following words; it is not a separable prefix. — 5. **ccm** = 'cubic centimeter.' — 6. **das Blutgefäss,** 'blood vessel.' — 7. **aus Haut** = *häutig,* 'membranous'; cf. note on 122, 6.

125. 1. **das Haargefäss,** 'capillary' (Latin *capillaris,* from *capillus,* 'hair'; cf. German *Haar,* 'hair'). — 2. **die Schleife,** 'loop.' — 3. **das Stämmchen,** 'trunklet.' — 4. **die Körpervene,** 'venous trunk,' 'vena cava.' — **zusammenlaufen,** 'converge.' — 5. **die Arbeitsstelle,** 'workroom.' — 6. **dickwandig,** 'thick-walled'; cf. *dünnwandig.* — 7. **entsprechend,** 'corresponding.' — 8. **schwanken,** 'fluctuate.' — **mm** = 'millimeter.' — 9. **entsprechend,** adverb. — 10. **die Kranzarterie,** 'coronary artery' (Latin *coronarius,* from *corona,* 'wreath'; cf. German *Kranz,* 'wreath'). — 11. **die Aorta,** 'aorta' (*ἀορτή* from *ἀείρειν,* 'lift,' 'heave'). — **die Körperarterie,** 'main artery.' — 12. **in einem Bogen herüberschlagen über . . .,** 'arch over . . .,' 'pass like an arch over . . .' — 13. **die Wirbelsäule,** 'spine.' — **sich ziehen an . . .,** 'draw towards . . .'

126. 1. **die Lungenarterie,** 'pulmonary artery.' — 2. **sich in zwei Äste gabeln,** 'fork into two branches (bronchi)'; 'be bifurcated' (Latin *bis,* 'twice,' and *furca,* 'fork'; cf. German *die Gabel,* 'fork'). — 3. **der Lungenflügel,** 'lung,' literally 'wing of the *Lunge*'; what is two 'lungs' in English, is one *Lunge* in German. — 4. **die Hohlvene,** 'vena cava' (Latin *cavus, -a, -um,* 'hollow'; cf. German *hohl,* 'hollow'). The *superior vena cava* conveys to the auricle the blood that has been circulating in the body above the diaphragm; the *inferior vena cava* conveys to the auricle

the blood that has been circulating in the parts of the body below the diaphragm. — 5. **die Lungenvene,** 'pulmonary vein.' — 6. **innehalten,** 'observe.' — 7. **die Baucheingeweide,** 'viscera of the abdomen'; cf. *das Eingeweide,* 'bowels,' 'entrails.' — 8. **der absteigende Ast,** 'descending branch.' — 9. **der Darm,** 'intestine.' — 10. **die Pfortader,** 'portal vein,' 'vena portae' (Latin *porta,* genitive *portae,* 'gate'; cf. German *Pforte,* 'gate'). — 11. **die Galle,** 'bile.' — 12. **die Lebervene,** 'hepatic vein' (ἡπατικός, from ἧπαρ, 'liver'; cf. German *die Leber,* 'liver').

127. 1. **verengern,** 'narrow,' 'contract.' — 2. **anpassen,** 'adapt.' — 3. **der Sinn,** 'direction.' — 4. **ruckweise,** adverb; cf. note on 91, 1. — **stossweise,** 'by pulsation'; **der Stoss** or **Herzstoss,** 'throb,' 'beat,' 'pulsation.' — 5. **sich brechen,** 'be broken,' 'abate.' — 6. **abwärts laufend** = *absteigend;* cf. note on 126, 8. The verb is in the singular, although there are several subjects in this sentence; cf. note on 34, 3. — 7. **in erster Linie,** 'in the first rank,' 'chiefly.' — **die Saugkraft,** 'power of suction,' 'aspiration.' — **der Brustkorb** or *Brustkasten,* 'chest,' 'thorax' (θώραξ). — 8. **das Rückströmen,** 'regurgitation,' 'recoil.' — 9. **sich in die Länge ziehen,** 'become elongated.' — 10. **einmalig,** 'occurring once,' 'single.'

128. 1. **das Gewebe,** 'tissue.' — 2. **spült die verbrauchten Stoffe weg,** 'washes away the waste products'; cf. *verbrauchen,* 'use up.' — 3. **das Lymphgefäss,** 'lymphatic vessel.' — 4. **genau,** 'exactly.' — 5. **verlaufen,** 'run here and there,' 'are scattered.' — 6. **Die Bauchhöhle,** 'abdominal cavity.' — 7. **die Chylusgefässe,** 'chyliferous vessels.' — 8. **die Lymphdrüse,** 'lymphatic gland.' — **das Lymphkörperchen,** 'lymphatic corpuscle.' — 9. **die Schlüsselbeinvene,** 'subclavian vein'; *das Schlüsselbein,* 'collar bone,' 'clavicle' (Latin *clavicula,* 'little key,' from *clavis,* 'key'; cf. German *der Schlüssel,* 'key'). — 10. The chyle is a milky fluid found during the period of digestion in the delicate lacteal vessels which pass from the walls of the intestine. The lacteals join the lymphatics at the back of the abdomen to form the thoracic duct in which the lymph and chyle become mingled together. — 11. **der Blutzufluss,** 'influx of blood.' — 12. **die Absonderung,** 'secretion.'

129. 1. **die Atmung,** 'breathing,' 'respiration.' — 2. **die schildförmige Knorpel,** 'thyroid cartilage' (θυρεοειδής, 'shieldshaped,' from θυρεός, 'large, oblong shield,' and εἶδος, 'shape'). — 3. **die ringähnliche Knorpel,** 'cricoid cartilage' (κρίκος, 'ring'). — **der Kehlkopf,** 'larynx.' — 4. **die Luftröhre,** 'windpipe,' 'trachea.' — 5. **die Aufnahme,** 'introduction.' — 6. **die Abgabe,** 'removal.'

130. 1. **die Mundhöhle,** 'cavity of the mouth'; **die Nasenhöhle,** 'nostril,' 'nasal cavity.' — 2. **bei einer lichten Weite,** 'with an inside

diameter.' — 3. **der Halswirbel,** 'cervical vertebra' (Latin *cervix*, *cervicis*, 'neck'; cf. German *der Hals*, 'neck'). — **der Brustwirbel,** 'dorsal vertebra'; 'thoracic vertebra.' — **sich gabeln**; cf. note on 126, 2. — 4. Cf. note on 126, 3. — 5. **die Schleimhaut,** 'mucous membrane.' — 6. **die Knorpel**; cf. note on 129, 2. — 7. **die elastische Bandmasse,** 'mass of elastic filaments.' — 8. **Schlucken,** 'swallow'; infinitive used as a noun. — 9. **die Längsrichtung,** 'longitudinal direction.' — 10. **das lose Bindegewebe,** 'loose connective tissue.' — **verwachsen sein,** 'be joined,' 'be connected' (in growing). — 11. **das schwammige Gefüge,** 'spongy tissue,' 'cancellated texture.' — 12. **sich anlegen,** 'adhere to.' — 13. **wiederholen die Wölbung,** 'follow the convexity.' — 14. **hohl,** 'concave.' — 15. **anliegen** = *sich anlegen;* cf. note 12 above. — 16. **der Einschnitt,** 'fissure.'

131. 1. **die** = *welche*. — **der Lungenlappen,** 'lobe of the lungs.' — 2. **das Feld,** 'compartment.' — 3. **der Luftröhrenast,** 'bronchus,' 'bronchial tube.' — 4. **der Knorpelring,** 'annular cartilage.' — 5. **das Knorpelplättchen,** 'thin cartilaginous plate.' — 6. **traubenförmig,** 'cluster-like.' — 7. **die kolbige Ausstülpung,** 'tuberculous prominence' (Latin *tuber*, 'hump,' 'knob'; cf. German *der Kolben*, 'knob'). — 8. **das Lungenbläschen,** 'vesicle of the lungs' (Latin *vesica*, 'bladder,' 'blister'; cf. German *Bläschen*, 'small blister').

132. 1. **umspinnen,** 'envelop as in a web.' — 2. **der Herzbeutel**; cf. note on 122, 7. — 3. **das Brustfell,** 'pleura,' 'pleural membrane'; cf. *das Fell*, 'skin,' 'hide.' — 4. **Einatmen,** 'inhale'; infinitive used as a noun; cf. *der Atem*, 'breath.' — 5. **Abflachen,** 'flatten gradually'; infinitive used as a noun. — **des nach oben gewölbten Zwerchfells,** 'of the diaphragm which arches upward.' — 6. **so muss etc.,** 'the outer air must stream into the pulmonary cavity in which the air has been rarefied.' — 7. **Ausatmen,** 'exhale'; infinitive used as a noun. — 8. **sich wölben,** 'arch,' 'form an arch,' 'become convex.'

133. 1. **das Zuthun,** 'assistance,' 'coöperation.' — 2. **seelisch,** 'psychical.' — 3. **haften bleiben,** 'remain attached.'

134. 1. **sich abspielen,** 'occur,' 'take place.' — 2. **die Augenhöhle,** 'orbit,' 'socket of the eye.' — 3. **das Nasenbein,** 'nasal bone'; **das Stirnbein,** 'frontal bone'; **das Jochbein,** 'malar bone'; **der Oberkiefer,** 'upper jaw-bone.' — 4. **das Keilbein,** 'sphenoid bone' (*σφηνοειδής*, from *σφήν*, 'wedge,' and *εἶδος*, 'form'; cf. German *der Keil*, 'wedge'); **das Siebbein,** 'ethmoid bone' (*ἠθμός*, 'sieve'; cf. German *das Sieb*); **das Thränenbein,** 'lachrymal bone' (Latin *lacrima*, 'tear'; cf. German *die Thräne*). — 5. **die Umkapselung,** 'incasement.' — 6. **wird von . . . ausgekleidet,** 'is lined with . . .' — 7. **der Augapfel,** 'eyeball.' — 8. **die Hautfalte,** 'fold of skin.' — 9. **das Augenlid,**

'eyelid,' 'palpebra.' — 10. **das dünne Knorpelstäbchen,** 'thin plate of fibro-cartilage,' 'tarsal cartilage.' — 11. **die Wimpern,** 'eyelashes,' 'cilia.' — 12. **borstenförmig,** 'bristly,' 'setaceous' (Latin *seta,* 'bristle'; cf. German *die Borste,* 'bristle'). — 13. **die Schleimhaut;** cf. note on 130, 5.

135. 1. **die Thränendrüse,** 'lachrymal gland.' — 2. **lappig,** 'flabby,' 'lobate,' 'lobulated' — 3. **absondern;** cf. note on 128, 12. — 4. **der Augenwinkel,** 'corner of the eye,' 'canthus.'

136. 1. The *puncta lachrymalia* are minute orifices, one at the inner end of the free border of each eyelid. — 2. **der Reiz,** 'irritation.' — 3. **die Hornhaut,** 'horny skin,' 'cornea' (Latin *corneus,* 'horny,' from *cornu,* 'horn'). — 4. **die Übermüdung,** 'excessive fatigue.' — 5. **die Sehaxe,** 'optic axis.' — 6. **das Hemmungsband,** 'restraint,' 'check.' — 7. **gleichgerichtet,** 'turned in the same direction.' — 8. **im selben Sinn,** 'with the same tendency.' — 9. **Schielen,** 'squint'; infinitive used as a noun. — 10. **die Bindehaut,** 'conjunctiva' (Latin *conjunctivus* from *conjungere,* 'join'; cf. German *binden,* 'bind,' 'join.' — 11. **die Schichte,** 'coat,' 'tunic'; *Schichte* (in geology), 'stratum,' 'layer.'

137. 1. **Sclerotica,** 'sclerotic coat' (σκληρός, 'hard'). — 2. **der Sehnerv,** 'optic nerve.' — 3. **die Chorioidea,** 'choroid coat of the eye,' *tunica vasculosa.* — 4. **die Regenbogenhaut,** 'iris.' In classical mythology Iris is the goddess of the rainbow. In anatomy iris denotes the contractile membrane perforated by the pupil and forming the colored portion of the eye.

138. 1. **der Strahlenkranz,** 'ciliary body.' — 2. **strahlenförmig,** 'radiated.' — 3. **ein etc.,** 'an annular membrane terminating in short, sharp points.' — 4. **die Linse,** 'lens' (Latin *lens,* 'lentil'; it is so named from the resemblance in shape of a double convex lens to a lentil). — 5. **das Muskelband,** 'muscular tissue.' — 6. **der Netzhaut** is in the dative singular, governed by *von.* — **Retina** is derived from Latin *rete,* 'net.' — 7. **der Vorderrand,** 'anterior margin.' — 8. **die Sehgrube,** *fovea centralis* (Latin *fovea,* 'slight depression,' 'pit'; cf. German *die Grube,* 'pit'). The *fovea centralis* or yellow spot is a small yellowish depression in the center of the retina where vision is most acute. — 9. The blind spot is insensible to light. — 10. **die wässerige Flüssigkeit,** 'aqueous humor.' — 11. **der Glaskörper,** 'vitreous body.' — 12. **vom Rand . . . zunehmender,** 'increasing in thickness from the border towards the middle.' The crystalline lens is a transparent bi-convex lens.

139. 1. **schalenförmig,** 'cup-shaped,' 'in the form of a shell'; **angeordnet,** 'arranged,' 'contrived'; **schalenförmig angeordnete**

Schichten, 'concentric layers.' — 2. **stärker gekrümmt,** 'more strongly curved,' 'more convex.' — 3. **die Linsenkapsel,** 'lens capsule' (Latin *capsula*, 'little box,' 'chest,' from *capsa*, 'chest,' 'case'). The capsule of the lens of the eye is a transparent and very elastic membrane, about twice as thick on the anterior as on the posterior surface of the lens. — 4. **gallertartig**; cf. note on 120, 10. — **glashell,** 'diaphanous.' — 5. **die Kreuzungsstelle,** 'commissure' (Latin *commissura*, 'a joining together,' from *committere*, *commissum*, 'connect'). — 6. **verwachsen,** 'grow together'; 'interlace.' — 7. **vornehmlich,** 'principally.' — 8. **die knöcherne Umrahmung,** 'osseous frame.' — 9. **die Schutzeinrichtung,** 'protective contrivance.' — 10. **die Anheftungsstelle,** 'place of attachment.' — 11. **auf,** 'in relation to,' 'as concerns.' — 12. **brechen,** 'refract.'

140. 1. **verschwommen,** 'indistinct,' 'blurred'; cf. *verschwimmen*, 'float into one another,' 'mingle.' — 2. Cf. note on 5, 6.

141. 1. **das Härterwerden** or *die Härtung*, 'hardening.' — 2. **das Unvermögen,** 'incapacity'; cf. *vermögen*, 'have the power.' — 3. **verschmelzen,** 'blend.' — 4. **Horopter,** 'horopter' (*ὅρος*, 'boundary,' and *ὀπτήρ*, 'one who looks'). The horopter is the line or surface in which are situated all the points which are seen single, while the point of sight, or the adjustment of the eyes, remains unchanged.

142. 1. **die Verschiebung,** 'displacement.'

143. 1. **mitwirken,** 'assist.' — 2. Cf. note on 136, 9. — 3. **das stereoscopische Sehen,** 'stereoscopic sight.' The stereoscope (*στερεός*, 'solid,' German *körperlich*, and *σκοπεῖν*, 'see,' 'view') is an optical instrument for giving to pictures the appearance of solid forms, as seen in nature.

144. 1. **der Sehwinkel,** 'visual angle.' — 2. **der Knotenpunkt,** 'point of junction'; 'optical center.' — 3. **erkennbar,** 'recognizable.' — 4. Cf. note on 143, 1. — 5. **wobei** refers to *Vorstellung;* **mitspielen bei . . .,** 'take part in . . .' — 6. **um so . . . je**; cf. note on 88, 4. — 7. **das Schätzen,** 'estimate'; infinitive used as a noun. — **die Strecke,** 'direction.' — 8. **die Bethätigung,** 'exercise,' 'putting into activity.' — 9. Cf. note on 40, 1.

145. 1. **betreffend,** 'respective,' 'in question.' — 2. **die Helligkeit,** 'brightness.' — 3. **unverwandt,** 'fixed'; cf. *verwenden*, 'turn away.' — 4. **das Fensterkreuz,** 'window-sash.' — 5. **die Sehtäuschung** or *die Augentäuschung*, 'optical illusion'; cf. *täuschen*, 'deceive.' — 6. **bedrucken,** 'stamp,' 'impress,' 'print.' — **der Stoff,** 'material.' — 7. **die Eisscholle,** 'block of ice.' — **die Empfindung** is in the accusative, depending on **hat.** — 8. **der Schwindel,** 'dizziness,' 'vertigo.' — 9. **hinsichtlich,** preposition with genitive, 'with regard to,' 'as to.'

146. 1. **anweisen,** 'direct,' 'require'; **das Nahrungsmittel,** 'nutriment,' 'means of subsistence.'— 2. **beziehen,** 'procure.'— 3. **der Stoff,** 'substance.'— 4. **Nahrungsmittel** is in the nominative.— 5. **das Eiweiss**; cf. note on 120, 11.— 6. **Kohlehydrat,** 'carbohydrate'; **die Stärke,** 'starch.' — 7. **seien erwähnt,** 'may be mentioned.' — 8. **der Leim,** 'gelatin,' 'animal jelly.'

147. 1. **das Getreidekorn,** 'grain of cereals.'— 2. **die Hülsenfrucht,** 'fruit of leguminous plants,' as peas, beans, etc.; cf. *die Hülse,* 'husk,' 'hull,' 'pod.'— 3. **das Reizmittel,** 'stimulant.'— 4. **das Gewürz,** 'spice.' — 5. **das Genussmittel,** 'means of enjoyment.' — 6. **gären,** 'ferment.'

148. 1. **das Kniegelenk,** 'knee joint.'— 2. **die Achselhöhle,** 'arm-pit.'— 3. **der Nährstoff** = *Nahrungsstoff* = *das Nahrungsmittel;* cf. note on 146, 1. — 4. **Die Rachenhöhle,** 'fauces.'— 5. **nach sich ziehen**; cf. note on 59, 10.

The Thermometer.

149. 1. Cf. note on 31, 6. — 2. **R. A. F. de Réaumur,** the eldest son of a French nobleman, was born at La Rochelle in 1683. He invented the thermometer which bears his name, in 1731; he died in 1757. — 3. **Gabriel Daniel Fahrenheit** was born at Dantzic, the capital of West Prussia, in 1686. In 1714 he conceived the idea of substituting mercury for spirits of wine in the construction of thermometers. He took as the zero of his thermometric scale the lowest temperature observed by him at Dantzic during the winter of 1709, which he found was that produced by mixing equal quantities of snow and sal ammoniac (ammonium chloride). The space between this point and that to which the mercury rose at the temperature of boiling water he divided into 212 parts. Fahrenheit died in 1736.— 4. **zu Grunde liegen,** 'lie as a foundation,' 'be based on'; translate: 'there is much truth in Goethe's saying.' — 5. Cf. note on 14, 2. — 6. **das Zurückbeziehen,** 'refer'; infinitive used as a noun.— 7. **die . . . forschen,** 'which easily makes him neglect to inquire for deeper causes' or 'which easily brings him to feel as if he were above any need of searching for deeper causes.'— 8. **affizieren,** 'affect.'— 9. **die Überschrift,** 'heading,' 'title.' — 10. Cf. note on 23, 4. — 11. **die Vornahme,** 'undertaking,' 'proceeding.'

150. 1. Cf. note on 11, 6. — 2. **von gleicher Weite,** 'of equal capacity.' — 3. **die Herstellungsweise,** 'way of making,' 'manner of

manufacturing.' — 4. **zuschmelzen,** 'close by melting,' 'seal hermetically.' — 5. **die Glasbläserlampe** or *Glasblaseröhre*, 'blowpipe.' — **die Kugel,** 'bulb.' — 6. **vorderhand,** 'for the present.' — 7. **etwa,** 'perhaps.' — 8. **taxieren,** 'estimate.' — 9. **anbringen,** 'apply,' 'put up.' — 10. **etwas weniges,** 'a little bit.' — **schadet nicht,** 'does no harm.' — 11. Cf. note 4 above. — 12. **der luftleere Raum,** 'vacuum.' — 13. **solchergestalt,** 'in such a way'; cf. *die Gestalt*, 'form,' 'shape'; cf. note on 57, 5. — 14. **der Quecksilberfaden,** 'thread of mercury.' — **unverrückbar,** 'immovable,' 'unalterable'; cf. *verrücken*, 'displace,' and *rücken*, 'move.' — **sich einstellen,** 'appear'; cf. *stellen*, 'put,' 'place.'

151. 1. **Anders Celsius,** a Swedish astronomer, was born at Upsala, in 1701. In 1742 he invented the thermometer scale which bears his name; it is also called the Centigrade. He died in 1744. — 2. **mit Zugrundelegung dieses Verhältnisses,** 'taking this ratio as a base.' — 3. **die Regeldetri,** 'rule of three,' 'proportion.'

152. 1. **die Fassung,** 'arrangement,' 'setting.' — 2. Cf. note on 150, 4. — 3. **ätzen,** cf. note on 49, 3. — 4. **mit einschliessen,** 'also enclose.' — 5. Cf. note on 102, 5. — 6. **bieten,** 'offer,' 'present'; subjunctive of indirect discourse. — 7. **zeitraubend,** 'requiring much time'; cf. *rauben*, 'rob.' — 8. **beliebig,** 'at any time,' 'always.'

153. 1. **zu kaufen ist,** cf. note on 11, 6.

154. 1. **schon,** 'even.' — 2. **zugig,** 'draughty'; cf. *der Zug*, 'draught.' — 3. **derartig,** 'of that kind.' — 4. **liegend,** 'horizontally placed.' — 5. **die Weingeistfüllung,** 'filling of alcohol.' — 6. **herschieben,** 'push'; why not *schiebt . . . her?* — 7. **das Zurückgehen,** 'go back,' 'retrograde,' 'contract'; infinitive used as a noun. — **liegen lassen,** 'let lie,' 'leave alone,' 'let remain in a place,' 'not displace.' — 8. Cf. note on 14, 2. — **bleibt markiert,** 'remains registered.' — 9. **das Merkzeichen,** or *der Zeiger*, or *der Weiser*, 'index.'

155. 1. Cf. note on 154, 9. — 2. **liegen bleiben,** 'remain in one's place'; **vorwärtsdringen,** 'press forward,' 'expand.' — 3. **eintreten,** 'set in,' 'be reached.' — 4. **zusammenschrauben,** 'screw together'; **verlöten,** cf. note on 35, 1. — 5. **sich werfen,** 'twist,' 'warp'; **sich verziehen,** 'be distorted.' — 6. **der Stab,** 'rod'; **die Stange,** 'bar.' — 7. **winden,** 'coil.' — 8. **der Träger,** 'support'; cf. *tragen*, 'carry.' — 9. **übrigens,** 'otherwise.' — 10. Cf. note on 35, 1.

156. 1. **der Weiser**; cf. note on 154, 9. — **der Gradbogen,** 'graduated arc.' — 2. **das Zifferblatt,** 'dial plate.'

The Compass.

157. 1. Cf. note on 31, 6. — 2. **die Eisenfeilspäne,** or *die Feilspäne,* 'iron filings'; cf. *der Span,* pl. *die Späne,* 'chips.' — 3. **haften bleiben**; cf. note on 133, 3. — 4. **bartähnlich,** 'like a beard,' 'in feathery tufts.' — 5. **reichlich,** 'plentifully,' 'abundantly'; **sich ansetzen,** 'cling,' 'adhere.' — 6. Cf. note on 86, 2.

158. 1. The skillful workman, Daedalus, who serves as a type of all the mythological conceptions of skill in handicraft, made for King Minos of the island of Crete a labyrinth, in the center of which a huge monster, called the Minotaur, was placed. No one who entered this labyrinth could find his way out again; he became the prey of the monster. The great hero of Athenian legends, Theseus, slew the Minotaur and escaped out of the labyrinth by the help of the clue which **Ariadne**, the daughter of Minos, had given him. — 2. Composition of Magnetite: peroxide of iron 69, protoxide 31; or iron 72.4, oxygen 27.6. — 3. **Lucretius,** one of the greatest Roman writers, has acquired a new interest at the present day. Physical philosophy is now occupied with the same problems as those which are discussed in the first two books of his *De Rerum Natura.* This work is written in verse (hexameters); it gives a complete account of the chief effort of the ancient mind to explain the beginning of things, and to understand the course of nature and man's relation to it. Lucretius was born about the year 98 B.C.; according to tradition he died by his own hand in the forty-fourth year of his age. — 4. **ehern,** 'brazen'; **die Schale,** 'vase.' The Greeks and Romans were aware that the attraction was confined to iron, or at all events was not indiscriminate, and that it was not destroyed by the intervention of other bodies, such as brass, between the magnet and the iron. — 5. Subjunctive of indirect discourse. — 6. **die Äusserungsweise,** 'way of manifestation.' — 7. Cf. note on 5, 6.

159. 1. **nahe liegen,** 'lie near,' 'be obvious.' — 2. **die Tatarei,** 'Tartary' or more correctly 'Tatary.' It is the name under which, in the Middle Ages, was comprised the whole central belt of Central Asia, and Eastern Europe. But latterly the name had a much more limited signification, including only that tract bounded on the north by Siberia and on the south by China and Tibet, along with Independent Turkestan; and at the present day many writers apply it as a synonym for Turkestan. — 3. **schwimmen,** 'float.' — 4. **des Magnetes wird gedacht** = *der Magnet wird erwähnt,* 'the magnet is mentioned.' — 5. **schliessen auf . . .,** 'infer,' 'conclude'; **schliessen lassen auf,** 'imply.' — 6. **Marco Polo,** one of the most famous travelers in the Middle Ages, was born at

Venice, in 1254. He reached the country of the Great Khan of the Mongols in 1275, where he was received with the utmost cordiality. He was often employed on missions to distant countries which were then almost a *terra incognita;* after various adventures abroad and at home he died at Venice, in 1323. — 7. **habe erlernt,** subjunctive of indirect discourse. — 8. **der Leitarstein,** 'loadstone' (Icelandic *leiðra*, Swedish *leda*, Old Saxon *lēdian*, akin to English *lead* and German *leiten*). — 9. **binden,** 'bind,' 'confine.' — 10. **der Stock,** 'bed.' — 11. **Dannemora,** 46 kilometers to the north of Upsala, has about 1300 inhabitants; it contains the most important iron-mines of Sweden. — **Arendal,** a seaport town of Norway on the Skager Rack, has a population of about 7000. — **der Harz,** 'Harz (Hartz) mountains,' the most northerly mountain-system of Germany. — 12. Cf. note on 48, 10.

160. 1. **die eiserne Schiene,** 'iron band,' 'armature of iron.' — 2. **auslaufen,** 'terminate.' — 3. A loadstone in the physical collection at Edinburgh, weighing itself three and one-half grains, had at one time a carrying power of 1560 grains. — 4. They are called *consequent poles.* — 5. Cf. note on 26, 2. — 6. Bragmann found that certain bodies, for instance bars of bismuth, when suspended between the poles of a powerful magnet, do not set axially between the poles, that is, in the line joining the poles, but equatorially, or at right angles to that line. Faraday made the important discovery in 1845 that all solids and liquids are either attracted or repelled by a powerful electromagnet. The bodies which are attracted are called magnetic or paramagnetic substances, and those which are repelled are **diamagnetic** bodies. Among the metals, iron, nickel, cobalt, manganese, platinum, cerium, osmium, and palladium are magnetic; while bismuth, antimony, zinc, tin, mercury, lead, silver, copper, gold, and arsenic are diamagnetic, bismuth being the most so and arsenic the least. — 7. **überschwenglich,** 'excessive.' — 8. **Od,** 'od.' An alleged force or natural power supposed to produce the phenomena of mesmerism and to be developed by various agencies, as by magnets, heat, light, chemical action, etc.; the name was arbitrarily coined by Reichenbach; it was called also odyle or the 'odylic force.' — **das Tischrücken,** 'table tipping,' 'table turning.' — **die Wünschelrute,** 'divining rod.' — 9. **mit hineinrechnen,** 'include'; cf. *rechnen*, 'count,' 'rank.' — 10. **naturwissenschaftlich ungebildet,** 'not educated in physical science.'

161. 1. Cf. note on 25, 10. — 2. **die bewegte Elektricität,** 'electricity in motion,' 'electrodynamics.' — 3. **in sich zurücklaufen,** 'recur,' 'revert.' — 4. Ampère propounded a most ingenious theory, based on the analogy which exists between solenoids and magnets, by which all

magnetic phenomena may be referred to electrodynamical principles. Instead of attributing magnetic phenomena to the existence of two fluids, Ampère assumed that each individual molecule of a magnetic substance is traversed by a closed electric current.

162. 1. **bestreichen,** 'touch.' — 2. **das Bündel,** 'fascicle.' — 3. **die Bruchfläche,** 'break.' — 4. **sich zuordnen,** 'be adjoined.' — 5. This phenomenon may be explained, according to some authorities, as well by the hypothesis of two magnetic fluids as by Ampère's theory. The existence of two hypothetical magnetic fluids is assumed, each of which acts repulsively on itself, but attracts the other fluid. It is supposed that before magnetization these fluids are combined round each molecule, and mutually neutralize each other. The experiment with broken magnets shows that the magnetic fluids are present in all parts of the bar, and not simply accumulated at the ends; it proves also that the magnetic fluids are not neutralized, but are simply latent; for if they had been neutralized, they would not have been set at liberty by the separation of the two parts.

163. 1. **die Boussole,** 'sea compass,' from French *boussole.* — 2. **sich selbst** is in the dative; the past participle **überlassen** is in apposition to **Nadel.** — 3. **sich bedienen,** 'make use of,' governs the genitive. — 4. **die Vermessung,** 'measurement,' 'survey.' — 5. **das Streichen,** 'strike,' 'bearing'; cf. *streichen,* intransitive verb, 'stretch,' 'extend.' — 6. **welche,** indefinite pronoun, 'some.' — 7. **das Hütchen,** 'cap.' — 8. **der Stift,** 'pivot.' — 9. **der eingeteilte Kreis,** or **die geteilte Kreisscheibe,** 'graduated circle,' 'compass card.' — 10. **das Marienglas,** 'isinglass,' 'leaf of mica'; cf. note on 99, 13. — 11. **die ausserhalb liegende Marke;** *ausserhalb, i.e., ausserhalb der Kreisscheibe,* 'outside the compass card' (but on the inside of the compass box); *die Marke,* 'mark.' It is a mark or vertical line on the box representing the ship's head; it is called the lubber's line, point, or mark.

164. 1. **die Dose,** 'box.' — 2. **die Arretierung,** 'lever,' 'catch.' — 3. **abheben,** 'lift off,' 'dismount.' — 4. **die Windrose,** 'compass card.' — 5. The star or rose with 32 branches marks the eight points or rhumbs of the wind, the semi-rhumbs, and the quarters. — 6. **das Gehäuse,** 'case'; cf. *das Haus.* — 7. **der Ring,** 'gimbal' or 'gimbals.' It is a contrivance consisting of a ring in which a body can turn on an axis through a diameter of the ring, while the ring itself is so pivoted to its support that it can turn about a diameter at right angles to the first. — 8. **der Zapfen,** 'pivot.' — 9. **das Kompasshaus,** 'binnacle.'

165. 1. **das Steuerruder,** 'rudder,' 'helm'; **der Steuermann,** 'helmsman'; cf. *steuern,* 'steer.' — 2. **der Strich,** 'mark,' 'point,' the

same as *die Marke;* cf. note on 163, 11. — 3. **erheischen**, 'demand.' — 4. **die Spindel**, 'barrel,' 'drum,' 'spindle.' — **die Ankerwinde**, 'windlass,' 'capstan.' — 5. **der Erdmagnetismus**, 'terrestrial magnetism.' — 6. **noch so**, 'ever so.' — 7. **nahe liegen**; cf. note on 159, 1.

166. 1. **die Mittagslinie**, 'line of the meridian'; cf. *der Mittag*, 'midday,' 'noon.'

167. 1. Cf. note on 26, 3. — 2. **Dienste leisten**, 'render services.' — 3. **Gauss**; cf. note on 26, 5.

168. 1. In French books the end of the needle pointing north is called the austral or southern pole, and that pointing to the south the boreal or northern pole, a designation based on the hypothesis of a terrestrial magnet, and on the law that unlike magnetisms attract each other.

169. 1. **die Isogonen**, 'isogonic lines' (ἴσος, 'equal,' and γωνία, 'angle'). — 2. **Agone**, 'agone' or 'agonic line' (ἄγωνος, 'without angles'; ἀ priv. and γωνία); it is the imaginary line where the magnetic needle points to the true north, or in other words, where the magnetic coincides with the geographical meridian. — 3. **die Isoklinen**, 'isoclinic lines' (κλίνειν, 'incline'); these are the lines connecting places in which the dipping needle makes equal angles. — 4. **Akline** or Nullisokline, 'aclinic line': it is the line which joins all those places on the earth where there is no dip, that is, all those in which the dipping needle is quite horizontal. It is a somewhat sinuous line, not differing much from a great circle inclined to the equator at an angle of 12°, and cutting it at two points almost exactly opposite each other, one in the Atlantic and one in the Pacific. These points appear to be gradually moving their position, and traveling from east to west. The aclinic line is also termed the magnetic equator. — 5. **die Schiffsbücher**, 'logs.'

170. 1. **die Missweisung**, 'misdirection'; cf. *weisen*, 'show,' 'direct.' — 2. **vorgreifend**, adverb, 'by anticipation'; cf. *greifen*, 'grasp,' 'seize,' and *vor*, 'in front,' 'in advance.' — 3. Cf. notes on 11, 6 and 82, 4.

171. 1. **die Schwingungsdauer**, 'continuance of oscillation'; cf. *schwingen*, 'swing,' 'oscillate.' — 2. **die Cordillere**, 'cordillera' (Old Spanish *cordilla*, *cordiella*, diminutive of *cuerda*, 'rope,' 'string'); the name is often applied to the system of mountain chains near the border of a continent. — 3. **der Urwald**, cf. note on 96, 3. — 4. **der Amazonenstrom**, 'Amazon,' 'Marañon,' 'Orellana,' or 'Solimoens,' a river of South America, the largest in the world. — 5. **Elisha Kent Kane**, American traveler, scientist, and arctic explorer, was born in Philadelphia, in 1820. In 1843 Kane entered the United States navy as surgeon, and was appointed to the Brandywine, commissioned to carry

Mr. Webster as United States minister to China. While the vessel remained at Rio Janeiro, the restless and eager Kane made a journey to the skirts of the Andes and explored their geology. On the fitting out of the first Grinnel expedition, in 1850, to search for Sir John Franklin, Kane was appointed surgeon and naturalist under Lieutenant De Haven, who commanded the two ships, the Advance and Rescue. On this and a subsequent expedition which sailed in 1853, Kane carried on with incessant diligence his scientific observations — magnetic, meteorological, astronomical, and tidal. Kane died at Havana, in 1857.

172. 1. Cf. note on 89, 6. — 2. **unter der Zeit,** 'in the meantime,' 'meanwhile.' — 3. **die Zuckung,** 'fluctuation.' — 4. **täglich,** 'diurnal' (Latin *diurnalis*, from *dies*, 'day'). — 5. **sich feststellen lassen**; cf. note on 1, 4. — 6. The phenomenon was observed at Bossekop, in Lapland, latitude 70°.

173. 1. Cf. note on 69, 7. — 2. **licht,** 'luminous.' — 3. **gegen Norden zu**; cf. note on 13, 2. — 4. **der Streifen,** 'ray.' — 5. Cf. note on 48, 11. — 6. Cf. note on 13, 2. — 7. **das Lichtgewölbe,** 'luminous vault,' 'luminous cupola.' — 8. **der Reihe nach,** 'in turn.'

174. 1. **die Biegung** or *die Windung*, 'fold.' — 2. **die Krone,** 'boreal crown,' 'corona.'

175. 1. The existence of dark lines in the solar spectrum was first observed by Wollaston in 1802, but Fraunhofer (1787–1826), a celebrated physicist at Munich, first studied and accurately described them, and they are on that account very commonly known as Fraunhofer's lines. He mapped the lines and indicated the most obvious of them by the letters A, a, B, C, D, E, b, F, G, H ; he counted in the spectrum more than 600 dark lines, more or less distinct, distributed irregularly from the extreme red to the extreme violet ray. Brewster counted 2000. By causing the refracted rays to pass successively through several analyzing prisms the existence of 3000 dark lines was ascertained, and several which had been supposed single were shown to be double. — 2. **Anders Jonas Angström,** born in Sweden in the year 1814; he was for many years connected with the university of Upsala, and he wrote extensively on heat, magnetism, and optics. Besides Fraunhofer and Angström several physicists have studied the dark lines of the spectrum ; especially Kirchhoff and Bunsen ; these two published in 1860 an account of the important applications to chemical analysis of which the dark lines of the spectrum admitted. They ascertained that the salts of the same metal, when introduced into a flame, always produce lines identical in color and position, but different in color, position, or number for different metals, — and finally that an

exceedingly small quantity of a metal suffices to disclose its existence. Hence has arisen a new method of analysis, known by the name of spectrum analysis. — 3. **das Zodiakallicht,** 'zodiacal light'; a luminous tract of the sky, of an elongated, triangular figure, lying near the ecliptic, its base being on the horizon and its apex at varying altitudes; it is to be seen only in the evening after twilight, and in the morning before dawn; it is supposed to be due to sunlight reflected from multitudes of meteoroids revolving about the sun nearly in the plane of the ecliptic.— 4. **lässt sich auf die grosse Höhe . . . ein Schluss machen,** 'a conclusion may be made as to the great altitude . . .,' 'the great altitude . . . may be inferred.' — **sich abspinnen,** literally 'spin itself off,' that is, 'be revealed,' 'be displayed,' 'be manifested.'

176. 1. **Elias Loomis,** born in Connecticut, in 1811, was for some time professor of natural science in Yale College. Among his works may be mentioned *Practical Astronomy*, *Treatise on Meteorology*, *Elements of Astronomy*. — 2. Cf. note on 48, 10. — 3. **die Sternschnuppe,** 'shooting star.'

177. 1. Cf. note on 14, 1. — 2. This is a quotation from Schiller's *Wallensteins Lager*. — **der Kriegsmantel,** 'war cloak.'

178. 1. Cf. note on 14, 1.

Technical Science and Political Economy.

179. 1. The complete title is *Über das Maschinenzeitalter in seinem Zusammenhang mit dem Volkswohlstand und der sozialen Verfassung der Volkswirtschaft*, 'On the Age of Machinery in connection with the people's welfare and with the treatment of political economy as a social science.' Cf. Preface to the Revised Edition. — 2. **die Technik,** 'technical science,' 'industrial science.' — **volkswirtschaftlich,** 'economic'; cf. *das Volk*, 'people'; *die Wirtschaft*, 'household.' — 3. **von Grund aus,** cf. note on 13, 2. — **umgestalten,** 'transform,' cf. *die Gestalt*, 'form,' *um*, 'around,' 'about.'— 4. **Techniker** is often used in the most extensive sense of 'engineer'; at other times, according to the connection, its meaning is restricted to that of 'mechanical engineer' or 'civil engineer' or 'technical director of a factory' or 'professor (or student) of a technical university.' — 5. **ins Auge fassen,** 'fix one's eyes upon.' — 6. **der Nationalökonom,** 'political economist.' — 7. **die Staatswissenschaft,** 'political economy,' in the plural often 'political sciences.' — 8. **der Vorstand,** 'board of directors,' 'president.' — 9. **mal** instead of

einmal, 'for once.' — 10. **darüber**, 'over this,' 'concerning this,' that is, what follows in the dependent clause *wie er*, etc., 'as to.' — 11. **zu Worte kommen lassen**, 'allow to speak.' — 12. **auffassen**, 'comprehend.' — 13. **einschlägig**, 'respective.'

180. 1. **die Urzeit**, 'primeval time,' 'remotest antiquity.' — 2. **die Ernährung**, 'nourishment,' 'nutrition.' — **die Fürsorge** = *Vorsorge*, 'care,' 'providing of.' — 3. **seßhaft** = *ansässig*, 'settled,' 'domiciliated,' 'permanent,' cf. *sitzen*, 'sit.' — 4. **je nach**, 'according to.' — 5. **rechtlich**, 'legal,' 'lawful.' — 6. **recht** = *sehr*. — 7. **staatlich**, 'political.' — **hat . . . lassen**, cf. note on 14, 1. — 9. **zusammenhangen mit . . .**, 'be connected with,' 'depend on.'

181. 1. **sich beigesellen**, 'be associated'; cf. *der Geselle*, 'companion,' 'comrade.' — 2. **sei**, subjunctive of indirect discourse. — 3. **die Rodung**, 'clearing of land.'

182. 1. **Lewis Henry Morgan**, born in Aurora, N. Y., 1818, died in 1881; he devoted many years to the study of the history of the American aborigines. — 2. **die Viehzucht**, 'breeding of cattle.' — **die Anspannung**, 'yoking.' — 3. **Vorderasien**, 'southwestern Asia.' — 4. **der Wasserlauf**, 'water course.' — 5. **welche**, nominative. — 6. **das Geldwesen**, 'monetary system,' 'currency.' — 7. **der Rechtssatz**, 'legal maxim.'

183. 1. **nichts**, direct object of **ändernd**, line 12. Participles are generally preceded by their modifiers.

185. 1. **das Berg- und Hüttenwesen**, 'mining and smelting business.'

186. 1. **Leonardo da Vinci**, born in 1452 at Vinci, in the Florentine territory, died in 1519. — 2. **Galilei**, cf. note on 23, 4. — **Huygens**; cf. note on 24, 4. — **Leonhard Euler**, born in 1707 at Basel, Switzerland, died in 1783. — **Jean Lerond d'Alembert**, born in 1717 in Paris, died in 1783. — **Joseph Louis Lagrange**, born at Turin, 1736, died 1813. — 3. **Liebig**, cf. note on 9, 1. — **Lavoisier**, cf. note on 3, 11. — **Galvani**, cf. note on 25, 3. — **Volta**, cf. note on 25, 6. — **Gauß**, cf. note on 26, 5. — **Faraday**, cf. note on 26, 2. — 4. **Ernst Werner von Siemens**, born at Lenthe, 1816, died 1892; one of the most famous physicists and engineers of Germany. — 5. **der Tausendkünstler**, 'jack-at-all-trades.' — 6. **vH** = *vom Hundert*, 'per cent.' — 7. **unterschlächtig**, 'undershot.'

187. 1. **Ferdinand Redtenbacher**, engineer, born at Steyr, Austria, in 1809, died 1863.

188. 1. **partem** (accusative) **pro toto**, Latin, 'part for the whole.'

189. 1. **der Göpel**, 'whim gin,' turned by horse power for raising ore or water from mines.

203. 1. **Industrie** (singular), 'industries,' plural. This variation in number is frequent in nouns that were originally abstract.

Exercises.

Such phrases as are to be rendered by so-called participial clauses have been put in Italics; the student is expected to observe the rules given on page 207, note 3, 2.

Chemistry.

Although[1] the science of chemistry cannot be said to have originated[2] with Lavoisier (1743–1794),[3] the ideas[4] he put forth[5] concerning[6] the constitution of bodies and the explanations[4] he gave of various phenomena were new and gave to the science in the twenty years preceding[7] his death a completely altered[8] aspect. The mine[9] of chemistry had yielded[10] rich returns[11] long before Lavoisier came[12] to labor

1. **Although,** etc. = *although one cannot say that the science of chemistry originated with Lavoisier;* observe the rules on the transposed order. — 2. **originate,** 'entstehen'; for Lavoisier cf. note on 3, 11. — 3. When a dependent clause (here the clause beginning with *Although*) is put at the head of the sentence of which it forms part, the principal clause takes the inverted order; the latter is then often preceded by *so* and sometimes, to make the statement more emphatic, *doch* is added after the personal verb; translate 'so waren doch die Ideen . . .' — 4. The relative pronoun which is often omitted in English must always be expressed in German. — 5. **put forth,** 'entwickeln,' 'darlegen'; name the inseparable prefixes; remember the position of the prefix of a separable verb in the transposed order. — 6. **concerning,** 'in betreff,' followed by the genitive. — 7. **preceding his death,** may be rendered by a relative clause. — 8. **alter,** 'ändern,' 'verändern'; cf. *ander,* 'other,' 'different.' — 9. **mine,** 'die Fundgrube.' — 10. **yield,** 'liefern'; remember the position of the past participle in the normal order. — 11. **returns,** 'der Gewinn.' — 12. **came,** etc. = *came in order to labor in it* or = *began to labor in it.*

in it[1]; he availed[2] himself of the old workings[3] and, extending[4] them, opened[5] the main lode.[6] "He discovered," says Liebig, "no new body, no new property, *no natural phenomenon previously[7] unknown;* his merit, his immortal glory consisted[8] in this — that he infused[9] into the body of the science a new spirit." In the first of his papers, in 1765, Lavoisier indicates no doubt of the existence of phlogiston.[10] In 1775, he still spoke of it, but in the following year he expressed[11] his conviction that, for the elucidation[12] of certain phenomena, one must ascribe[13] to phlogiston other qualities than *those assigned to it[14] by Stahl.*[15]

(*Encyclopædia Britannica.*)

*1. The personal pronouns of the third person (*er, sie, es*) are seldom used in the genitive or dative for inanimate objects. The demonstrative pronoun *derselbe* is generally substituted for them, but if the personal pronoun is governed by a preposition, the adverb *da* (*dar* before vowels or *n*) combined with that preposition may be used, thus **in it** may be rendered by 'darin' or 'in derselben.' — 2. **avail one's self of,** 'benutzen,' transitive verb. — 3. **workings,** 'die Arbeiten.' — 4. **extend,** 'erweitern.' The German participle cannot be used, as the English, to express adverbial relations of cause, time or manner: in such phrases as *not seeing him, he rode away* adverbial clauses introduced by a conjunction are generally substituted for the participial phrases, thus 'da er ihn nicht sah, ritt er fort.' The phrase **extending them** may be translated as if it read *while he extended them.* — 5. Inverted order, as the principal clause is preceded by a dependent clause; the subject *he* must be repeated (after *opened*). — 6. **lode,** 'der Gang,' 'die Ader.' — 7. **previously** = *until then;* cf. note on 3, 2. — 8. **consist,** 'bestehen,' to be distinguished from *entstehen,* 'originate,' 'come into existence.' **in this,** 'hierin,' 'darin.' Compounds of the adverbs *da* and *hier* with prepositions are often substituted for a demonstrative pronoun referring to an inanimate object and governed by a preposition. — — 9. **infuse into,** 'einflössen,' followed by the dative. — 10. Cf. note on 3, 5. — 11. **express,** 'äussern,' transitive verb; 'Ausdruck geben,' literally 'give expression to,' requires the dative. — 12. **elucidation,** 'die Erläuterung,' 'die Erklärung'; cf. *lauter,* 'pure,' and *klar,* 'clear.' — 13. **ascribe,** 'zuschreiben.' — 14. **to it,** dative without preposition; cf. note 1 above. — 15. Cf. note on 3, 4.

Physics.

I. Magnets.

Magnets[1] are substances which have the property of[2] attracting iron, and the term[3] magnetism is applied[4] to the cause of this attraction, and to the resulting[5] phenomena. This property was known[6] to the ancients[7]; it exists[8] in the highest degree in an ore[9] of iron which is known[10] in chemistry as[11] the magnetic oxide of iron. Its composition is represented by the formula Fe_3O_4. This magnetic oxide of iron, or loadstone,[12] as it is called, was[13] presumably[14] first found at Magnesia,[15] in Asia Minor,[16] and has derived[17] its name from this circumstance. It[18] is very abundant in nature; it is met[19] with in the older geological formations, especially in Sweden and Norway, where it[20] is worked as[11] an iron ore, and[21] furnishes the best quality of iron. When

1. Cf. note on 157, 6. — 2. **the property of attracting iron** = *the property to attract iron;* what is the position of the infinitive? — 3. **term,** 'der Ausdruck'; put *the term* in the accusative and use the inverted order. — 4. **is applied** = *one applies; apply to,* 'anwenden auf'; remember the position of the prefix of the separable verb. — 5. **result,** 'sich ergeben.' — 6. **known,** adjective, 'bekannt'; adjectives used predicatively are placed at the end of the clause. — 7. **the ancients,** 'die Alten.' — 8. **exist,** 'vorhanden sein,' literally 'be extant,' 'be existent'; *vorhanden* is used here as a predicate adjective; cf. note 6 above. — 9. **ore of iron,** 'das Eisenerz.' — 10. **is known** = *one knows;* what is the position of the verb in a relative clause? — 11. **as,** 'als.' — 12. Cf. note on 159, 8. — 13. **was . . . found**; the German passive is not formed by a combination with the auxiliary verb *to be;* position of the past participle? — 14. **presumably,** 'vermutlich'; cf. *presume,* 'vermuten.' — 15. Cf. p. 158, l. 5 ff. — 16. **Asia Minor,** 'Kleinasien.' — 17. **has derived** = *one has derived; derive,* 'ableiten'; position of the prefix *ab?* — 18. **It,** etc. = *it occurs very frequently in nature; occur,* 'vorkommen.' — 19. **it is met with** = *one meets with it; meet with,* 'treffen,' transitive verb. — 20. **it is worked** = *one works it; work,* 'bearbeiten'; position of the verb? — 21. add *where it.*

a bar[1] of steel is rubbed[2] with a magnet, it acquires magnetic properties. Such bars are called artificial magnets[3]; they are more powerful than natural magnets.

(Ganot's *Physics.*)

II. Thermo-dynamics.

Thermo-dynamics[4] is that branch of science that treats[5] of the relation between heat[6] and mechanical work. One[7] of the most important discoveries[8] in science is that[9] of the equivalence[10] of heat and work; that is that a definite quantity of mechanical work can always produce a definite quantity of heat; and conversely,[11] this heat, if[12] the conversion[13] were complete, can perform the original quantity of work.

The proof of *the facts just stated*[14] was one[7] of the most important steps in the establishment of two grand conceptions[15] of modern science: (1) That all kinds of energy[16] are so related[17] to one another that energy of any kind can[18] be changed into energy of any other kind, — known as the doctrine of correlation of energy. (2) That when one form

1. **a bar of steel,** 'ein Stahlstab.' — 2. Cf. note on 162, 1. — 3. Cf. p. 162, ll. 16 to 20. — 4. **Thermo-dynamics,** 'die Thermodynamik.' — 5. **treat of . . .,** 'handeln von'; position of the verb? — 6. **heat,** 'die Wärme'; read carefully page 26, line 31, to page 27, line 4. — 7. *ein*, when used absolutely, or pronominally, standing for a noun understood, is declined like *dies* or an adjective of the first (strong) declension, that is, the nominative singular is not *ein*, *eine*, *ein*, but *einer*, *eine*, *eines* (*eins*). — 8. **discovery,** 'die Entdeckung.' — 9. The definite article can be used as a demonstrative pronoun; what gender? — 10. **equivalence,** 'die Gleichwertigkeit,' 'das Äquivalent.' — 11. Cf. note on 27, 1; use the inverted order. — 12. Omit *if* and use the inverted order. — 13. **Conversion,** 'die Umwandlung.' — 14. **state,** 'angeben,' 'erwähnen.' — 15. **conception,** 'die Idee,' 'der Begriff.' — 16. **energy,** 'die Kraft.' — 17. **be so related to . . .,** 'sich so zu . . . verhalten'; position of the verb? — 18. **can be changed;** *change*, 'verwandeln'; cf. note on 1, 4.

of energy disappears, an exact equivalent of another form always takes[1] its place, so that the sum[2] total of energy is unchanged, — known as the doctrine of conservation[3] of energy. These two principles constitute[4] the corner-stone of physical[5] science.

(*Introduction to Physical Science*, by A. P. Gage, Ph.D. Ginn & Co., 1891.)

The Locomotive.

The distinctive feature[6] of the locomotive engine[7] is[8] its[9] great steam-generating[10] capacity, considering its size and weight, which are necessarily limited. To do[11] *the work ordinarily required of it*, from three to six tons of water must[12] be converted into steam per hour. This is accomplished[13]

1. **take the place,** 'die Stelle einnehmen,' or 'an die Stelle treten'; **its,** remember the gender of the German word for *equivalent;* the possessive adjective may be used or the genitive of the demonstrative pronoun *der, die, das.* — 2. **sum total,** 'der Gesamtbetrag.' — 3. **conservation,** 'die Erhaltung.' — 4. **constitute,** 'bilden.' — 5. **physical science** = *physics.* — 6. **distinctive feature,** 'das Hauptmerkmal,' 'die charakteristische Eigenschaft.' — 7. **locomotive engine,** 'die Lokomotive,' 'der Dampfwagen.' — 8. **is** may be translated literally by 'ist,' or as if the English were *consists in; consist,* cf. note on 264, 8. The whole clause *considering . . . limited* ought to come immediately after *is;* **considering,** 'in Betracht,' followed by the genitive. — 9. **its . . . capacity;** the same order of words can be observed in German, or the phrase may be rendered as if it read *its great capacity to generate steam.* — 10. **generate,** 'erzeugen.' — 11. **do,** 'leisten,' 'verrichten.' This sentence does not begin with the subject, but with the clause *to do . . . of it;* thus the inverted order must be used; the modal auxiliary *must* precedes the subject. — 12. **must be converted** = *one must convert; convert,* 'umwandeln'; cf. note on 266, 13. — 13. **be accomplished,** 'geschehen.'

in two ways: *viz.*,[1] first, by a rapid combustion[2] of fuel (from a quarter of a ton to a ton of coal per hour); second, by[3] bringing the water in contact with a large extent (about 800 sq. ft.) of heated[4] surface. The fire in the fire[5] box *A* is made[6] to burn briskly[7] by means of a powerful draft[8] which is created[9] in the following manner: The exhaust[10] steam, after[11] it has done its work in the cylinders, *B*, is conducted by the exhaust pipe[12] *C* to the smoke box[13] *D*, just beneath the smokestack[14] *E*. *The steam as*[15] *it escapes from the blast pipe*[16] *F* pushes[17] the air above[18] it, and drags by friction the air[19] around it, and thus produces a partial vacuum[20] in the smoke box. The external pressure of the atmosphere then forces the air through the furnace[21] grate and hot-air[22] tubes *G*, and thus causes a constant draft. The large extent of heated surface[4] is secured[23] as follows: The water of the boiler[24] is brought not only in contact with

1. **viz.**, 'nämlich.' — 2. Cf. notes on 57, 1 and 60, 4. — 3. **by bringing.** The idea of the participial infinitive (bringing) is anticipated by *da* or *dar* in combination with the preposition required by the German idiom (*dadurch, davon, damit*, etc.); then follows a complete clause (subject and verb) preceded by *dass*, thus literally = *by this*, or *thereby, that one brings*, 'dadurch dass man . . . bringt.' — 4. Cf. note on 68, 5. — 5. Cf. note on 64, 13. — 6. **is made** = *one makes; make*, 'lassen'; order of construction? — 7. **briskly**, 'lebhaft.' — 8. **draft**, 'der Zug.' — 9. **create**, 'hervorrufen.' — 10. **exhaust steam**, 'der Abgangsdampf,' 'der Abdampf.' — 11. **after** is not a preposition, but a conjunction; order of words? — 12. **exhaust pipe**, 'die Ableitungsröhre.' — 13. **smoke box**, 'die Rauchkammer,' 'der Rauchkasten.' — 14. **smokestack**, 'der Schornstein,' 'die Esse.' — 15. **as it escapes** = *escaping*. — 16. Cf. note on 69, 8. — 17. **push**, 'schieben,' 'treiben.' — 18. **above it**, 'nach oben.' — 19. **the air** need not be repeated; use the personal pronoun instead. — 20. **vacuum**, 'der leere Raum,' 'das Vakuum.' — 21. **furnace grate**, 'der Feuerrost'; cf. note on 69, 5. — 22. **hot-air tube**, 'das Feuerrohr,' 'das Heizrohr.' — 23. **is secured** = *one secures; secure*, 'erlangen,' 'erhalten'; use the inverted order. — 24. Cf. note on 55, 2.

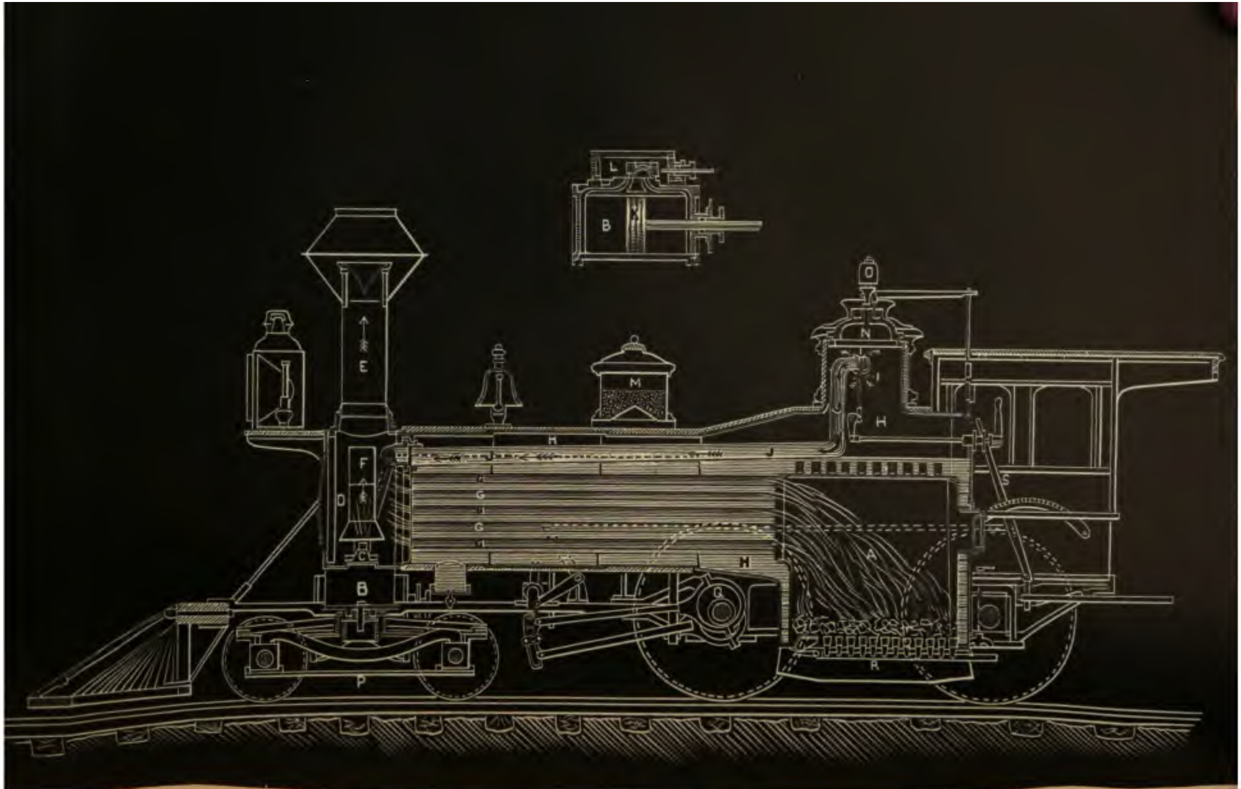


PLATE II.

the heated surface of the fire box, but[1] it surrounds the pipes[2] *G* (a boiler usually contains about 150). These pipes are kept hot by the heated[3] gases and smoke, all[4] of which must pass[5] through them to the smoke box and smokestack.

Study the cut[6] carefully, trace[7] the course of the steam from the boiler *H* through the throttle[8] valve *I* (under the control of the engineer[9]), steam pipe *J*, etc., to its exit[10] from the smokestack.

The steam engine, with[11] all its merits and with *all the improvements*[12] *which modern mechanical art has devised*, is to-day[13] an exceedingly wasteful machine. *The best engine that*[14] *has ever been constructed* utilizes[15] only twenty per cent of the heat-power used.[16]

(*Introduction to Physical Science*, by A. P. Gage, Ph.D.)

1. **but**, 'sondern'; *sondern* is used after a negative; to the German *nicht nur*, 'not only,' ought to correspond *sondern auch*, 'but also'; *auch* comes after the verb. The conjunctions meaning *and, but, for* and *either, or*, when standing at the head of the sentence, do not cause the change of the normal to the inverted order, thus *aber ich habe ihn seit Jahren nicht gesehen*, 'but I have not seen him for years'; of course, some other word or phrase following *aber*, etc., may require the use of the inverted order, thus, *aber seit Jahren habe ich ihn nicht gesehen*. — 2. **pipe** = *tube*. — 3. **the heated gas**, 'das Feuergas,' 'das Heizgas.' — 4. **all of which** = *which all*. — 5. **pass**, 'ziehen,' 'gehen.' — 6. **cut**, 'der Holzschnitt,' 'der Kupferstich.' — 7. **trace**, 'verfolgen.' — 8. **throttle valve**, 'das Drosselventil.' — 9. **engineer**, 'der Lokomotivenführer.' — 10. **exit**, 'der Abgang.' — 11. **with**, 'bei,' 'trotz,' literally *in spite of*. — 12. **improvements . . . devised**; translate as if it read *improvements devised by modern mechanical art; devise*, 'erfinden,' 'ersinnen'; *mechanical art*, 'die Mechanik.' — 13. After **to-day** add *still*, 'noch.' — 14. Omit **that has been**. — 15. **utilize**, 'ausnutzen,' 'nutzbar machen'; *nutzbar*, 'useful,' 'available,' being an adjective, what is its position in the sentence? — 16. **used**, past participle employed as an attributive adjective stands before its noun; *use*, 'verbrauchen.'

Geology.

Before[1] geology had attained[2] to the position of an inductive[3] science, it was customary[4] to begin[5] all investigations into the history of the earth by[6] propounding or adopting some more or less fanciful hypothesis in[7] explanation of the origin of our planet, or even of the universe. Such preliminary notions were[8] looked upon as essential to[9] a right understanding of the manner in which the materials of the globe had been put together. To the illustrious James Hutton (1785) geologists are[10] indebted for[11] strenuously upholding the doctrine that it[12] is no part of the province[13] of geology to discuss the origin of things. He taught[14] them that in the materials from which geological evidence is to be compiled[15] can[16] be found "no traces of a beginning, no prospect of an end." In England, mainly[17] to the influence of the school which he founded, and to the subsequent[18]

1. **Before** is not a preposition, but a conjunction; position of the verb? — 2. **attain to,** 'erreichen,' transitive verb. — 3. **inductive,** 'induktiv.' — 4. **it was customary** = *one was accustomed;* cf. note on 38, 5. — 5. Infinitive after *earth.* — 6. **by propounding or adopting** = *that one propounded or adopted;* cf. note on 268, 3. *propound,* 'vorschlagen'; *adopt,* 'annehmen.' — 7. **in explanation** = *in order to explain;* position of the infinitive? — 8. **were looked upon** = *one looked upon;* use the inverted order; *look upon as,* 'betrachten als'; 'halten für.' — 9. **to,** 'zu.' — 10. **be indebted,** 'verpflichtet sein'; use the inverted order. — 11. **for strenuously upholding** = *for this: that he strenuously . . . upheld;* cf. note on 268, 3. *strenuous,* 'eifrig,' 'kräftig.' — 12. **it is no part of** = *it does not belong to; to,* 'in,' with accusative or 'zu' with dative. — 13. **province,** 'der Bereich,' 'die Sphäre.' — 14. **teach,** 'lehren' to be distinguished from *lernen,* 'learn.' — 15. Cf. note on 11, 6; **compile,** 'sammeln.' — 16. **can be found** = *one can find;* this clause begins with *that in the materials;* position of the verbs? — 17. **mainly . . . is due** = *one owes it mainly; owe,* 'verdanken'; use the inverted order. — 18. **subsequent,** 'später.'

rise of the Geological Society (1807), which resolved to collect facts instead[1] of fighting[2] over hypotheses, is due[3] the disappearance[3] of the crude and unscientific cosmologies by which the writings of the earlier geologists were distinguished.[4] (*Encyclopædia Britannica.*)

Geometry.

We have only to abstract[5] all material from a physical body (solid) to gain the idea of a geometrical solid. Its boundaries[6] are called surfaces; the boundaries of a surface are lines and their boundaries are points. A solid has three dimensions,[7] length, breadth, and thickness. A surface has only two dimensions, length and breadth; a line has only one dimension, length; a point has none. The surface of a solid is no part of the solid; it is simply the boundary of the solid. A line is no part of a surface; a point is no part of a line. The points, lines, surfaces, and solids of geometry are purely ideal. In geometry we have nothing to do with the matter of which a body is composed; we study simply its shape and size. (G. A. Wentworth's *Plane Geometry.*)

Mineralogy.

The forms of crystallized minerals are very various. At first sight[8] there[9] often seems to be no relation between

1. **instead of,** 'anstatt zu'; cf. note on 39, 1. — 2. **fight,** 'streiten.' — 3. **the disappearance,** etc. = *that the crude and unscientific cosmologies disappeared.* — 4. **were distinguished** = *distinguished themselves.* — 5. **abstract,** 'abstrahieren.' — 6. **boundary,** 'die Grenze.' — 7. **dimension,** 'die Dimension.' — 8. Inverted order; begin the sentence with **At first sight,** 'Auf den ersten Blick' or with **often.** — 9. **there seems to be** = *it seems as if there were;* cf. *there is,* 'es giebt.'

different crystals of the same mineral. Yet it is true that all the various shapes are modifications[1] according[2] to simple laws of a few fundamental[3] forms, or in other words, the fundamental forms are those from which all the other forms of crystals are derived.[4] The derivative[5] forms are called secondary[6] forms, and their planes secondary planes.

Crystals of calcareous[7] spar may[8] be chipped off easily in three directions, and by this means[9] the fundamental form, a rhombohedron, may[10] be obtained. In all other directions only an irregular fracture[11] takes place. This property of[12] separating into natural layers is called cleavage,[13] and the planes along which it takes place, cleavage joints.[14]

(James D. Dana's *Manual of Mineralogy.*)

The Blood.[15]

This substance, which[16] is estimated to compose one thirteenth of the human body, by[17] weight, is a mixture of different substances, — serum, which is a fluid; fibrin, which is fluid in the body, but solidifies[18] when the blood is taken from the body; and with these two, which are fluid in our

1. **modification,** 'die Abänderung.' — 2. Cf. note on 76, 7. — 3. **fundamental form,** 'die Grundform,' 'die Hauptform.' — 4. **derive,** 'ableiten.' — 5. **derivative** = past participle *derived.* — 6. **secondary form,** 'die sekundäre Form,' 'die Nebenform.' — 7. Cf. note on 86, 13. — 8. **may be chipped off** = *one may chip off;* use inverted order; *chip off,* 'behauen,' position of the infinitive? — 9. **by this means,** 'auf diese Art.' — 10. **may be obtained** = *one may obtain.* — 11. **fracture,** 'der Bruch.' — 12. Cf. note on 265, 2. — 13. **cleavage,** 'die Spaltbarkeit.' — 14. **cleavage joint,** 'die Spaltfläche.' — 15. Read carefully page 120. — 16. **which,** etc. = *of which one estimates that it composes; estimate,* 'annehmen.' — 17. **by,** 'nach.' — 18. **solidify,** 'fest werden.'

systems, there[1] is mingled an immense number of minute blood-corpuscles,[2] or blood-cells, of two kinds.

Blood[3] *freshly drawn from an animal and set aside in a glass vessel* soon becomes a red, jelly-like[4] mass. This change is called coagulation.[5]

If we let the coagulated[6] blood stand, it gradually separates into two parts, — *a light yellow liquid,*[7] *consisting of serum colored by a few blood-cells*, and a compact, semi-solid mass, the clot,[8] which contains the solidified fibrin with the great part of the blood-cells. The clot is red, darker below and lighter at top.

The blood is[9] not contained in the body as water is in a sponge. It[10] is contained in a vast number of large and small tubes[11] called blood-vessels, and in the heart which is the central point of the whole. The blood-vessels include arteries, veins, and capillaries.

The Eye.[12]

The eyeball has several coats.[13] The outer one (sclerotic) is white and tough; but at the forepart of the globe a

1. **there is mingled** = *mingles itself; mingle,* 'mengen.' — 2. Cf. note on 19, 4. — 3. Use the definite article before **Blood**; what is the position of *blood* in this participial clause? The words *freshly . . . vessel* may also be rendered by a relative clause; **draw from,** 'abziehen,' governs the dative. — 4. Cf. note on 120, 9. — 5. **coagulation,** 'die Gerinnung.' — 6. Cf. note on 120, 6; irregular verb. — 7. What is the position of the substantive **liquid** in this connection? — 8. Cf. note on 120, 5. — 9. **The blood is,** etc.; translate as if it read: *The body holds the blood not in the same manner as a sponge (holds) water.* — 10. Substitute *The blood* for **It**; **contained,** 'enthalten,' is used as a predicative adjective; for its position cf. note on 265, 6. — 11. Read carefully the last lines on page 124 and the beginning of page 125. — 12. Cf. the article on *the Eye,* beginning on page 134, and particularly pages 137 and 138. — 13. Cf. note on 136, 11.

circular portion of the sclerotic becomes transparent.[1] This portion is called the *cornea*. The "white of the eye" is that part of the sclerotic which we can see. Behind the cornea, and in full view, is a circular object, the *iris*, colored blue, gray, green, brown, or nearly black. The iris is a flat, round curtain, attached[2] by its edge, just behind the edge of the cornea. Its[3] use is to regulate the amount of light that enters[4] the eye. At its centre is a small round hole, the *pupil*, through which all the light enters[4] the eye; this hole grows larger in a dim light and smaller in a bright light. This can be seen[5] by holding[6] a hand-glass[7] and facing[6] a window[7], if[8] one hand[9] is held so as to screen both eyes, and then quickly removed, the pupil[10] will be seen contracting. In front of the iris and behind the cornea is[11] a space filled[12] with a fluid nearly the same as water, — the *aqueous humor*. Behind the iris is a lens, the *crystalline lens;* and behind that is the main cavity of the eye which is surrounded by the walls of the globe, and filled with a *transparent material consisting chiefly of water*, — the *vitreous humor*.

(Dr. D. F. Lincoln's *Hygienic Physiology*.)

1. **transparent**, 'durchscheinend.' — 2. **attach**, 'befestigen.' — 3. **Its use is** = *it serves for this* ('dazu'). — 4. **enters the eye** = *enters into the eye; enter*, 'eintreten'; position of the separable prefix in a relative clause? — 5. **can be seen** = *one can see;* use the inverted order. — 6. Cf. note on 268, 3. — 7. **hand-glass**, 'der Handspiegel.' **face a window** = *stand opposite a window; opposite*, 'gegenüber'; preposition (with dative) follows the governed noun. — 8. Omit *if* and use the inverted order to express conditionality. — 9. **one hand is held**, etc. = *one holds one hand so, that one screens both eyes and then quickly removes the hand;* **screen**, 'beschirmen.' *removes* follows the same construction as *holds*, since *if* is understood. — 10. If an inverted conditional clause is put at the head of the sentence, the principal clause takes also the inverted order ('so' may precede the latter). **the pupil will be seen contracting** = *one will see that the pupil contracts*, or = *one will observe the contraction of the pupil; contraction*, cf. note on 89, 1. — 11. **is** = *finds itself;* 'sich befinden.' — 12. **filled** = *which is filled.*

VOCABULARY.

Words appearing only in Part I and in the selection "Technik und Volkswirtschaft" (pp. 179–206) are spelled according to the modern orthography, those appearing only in Part II follow the older spelling; for words appearing in both Parts all variations of spelling are here listed.

A

ab *adv.* off; **von . . . ab** from . . . on
abändern *w.* change
die **Abänderung** variation
die **Abbildung** picture, illustration
abbrechen *str.* break off
der **Abend** evening
das **Abendland** Occident
die **Abendstunde** evening hour
aber *conj.* but, however, yet
der **Aberglaube** superstition
abergläubisch *adj.* superstitious
abfallend *adj.* slanting
abflachen *w.* level, flatten down
abfließen *str.* flow off
die **Abgabe** delivery
abgeben *str.* deliver, transfer to
abgebrochen *see* **abbrechen**
abgehäutet *see* **abhäuten**
abgehen *irr.* dispense with; depart, leave
abgekühlt *see* **abkühlen**
abgekürzt *see* **abkürzen**
abgenommen *see* **abnehmen**
abgerundet *adj.* clear
abgeschnitten *see* **abschneiden**
abgesehen von apart from
abgießen *str.* pour off
der **Abhang** slope
abhängen *str.* depend
abhängig *adj.* dependent
die **Abhängigkeit** dependence
abhäuten *w.* skin, flay
der **Abkömmling** descendant
abkühlen *w.* cool off, cool down
die **Abkühlung** cooling down
abkürzen *w.* shorten
ablagern *w.* deposit
die **Ablagerung** storage
der **Ablauf** lapse, termination
ablaufen *str.* run off
ableiten *w.* derive
die **Ableitung** derivation, diversion
ablenken *w.* turn aside, deviate
die **Ablenkung** deviation
abliefern *w.* deliver, hand over
ablösen *w. refl.* come off, change places with
abnehmen *str. tr.* take away; *intr.* decrease, diminish
abplatten *w.* flatten out
abrunden *w.* round off
der **Absatz** sale (of goods); sediment
die **Absatzerweiterung** expansion of trade
abschätzen *w.* estimate

abschließen *str. tr.* close, achieve; *intr.* end
abschmelzen *str.* melt off, separate by smelting
abschneiden *str.* cut off
der **Abschnitt** section, chapter
absetzen *w.* dispose of, sell; push off; **sich absetzend** deposited
die **Absicht** intention
absinken *str.* sink
absondern *w.* secrete
absperren *w.* block, shut off
abstammend *adj.* descending
der **Abstand** distance, interval
abstehen *irr.* be distant, stand off
das **Absterben** death, decay
abstoßen *str.* repel
die **Abstoßung** repulsion
abströmen *w.* flow off rapidly
der **Absturz** fall; slope
die **Abteilung** division, section, department
abtrennen *w.* separate, sever
abtreten *str.* cede
abwärts *adv.* downward
abwechseln *w.* interchange, alternate
die **Abweichung** deviation
abwenden *irr.* divert
abziehen *str.* deduct
die **Achse** axle
acht *num.* eight
achtzehnt *adj.* eighteenth
der **Ackerbau** agriculture
die **Ackerwirtschaft** farming
die **Ader** vein
die **Aderhaut** choroid (coat of the eye)
das **Ägypten** Egypt
ahnen *w.* surmise
ähnlich *adj.* similar
die **Ähnlichkeit** similarity
die **Aktienunternehmung** stock-exchange transaction
die **Aktion** action
der **Aktionär** shareholder
alchymistisch *adj.* alchemistic
all *adj.* all; **vor allem** above all; **alles** everything; **alle paar** every few
allabendlich *adj.* (happening) every evening
bei **alledem** in spite of all
allein *adj.*, *adv.*, *and conj.* alone; only; but
allemal *adv.* every time
allenthalben *adv.* everywhere
allerdings *adv.* certainly, to be sure
allerhand *adj.* all kinds of
allerlei *adj.* all kinds of
allesamt *adv.* all together
allgemein *adj.* general, common; **im allgemeinen** generally
allmählich *adj.* gradual
allseitig *adv.* on all sides
allzu *adv.* too
allzulang *adj.* too long
als *conj.* as, like, than, when, except; *followed by subj.* as if; **als ob** as if
alsdann *adv.* then
also *adv.* thus, therefore
alt *adj.* (*comp.* **¨er**, *sup.* **¨est**) old; die **Alten** ancients
das **Alter** age
das **Altertum** antiquity, ancient nations
altfranzösisch *adj.* old French
althergebracht *adj.* customary, traditional
am = **an dem**; *with superlatives cf. note to page* **36** 1

das Amt office, position, appointment
an *prep. with dat. or acc.* at, by, near, about; **an und für sich** considered by itself
anbringen *irr.* put up, affix, contrive
die **Anbringung** appliance
der **Anbruch** break (of night), nightfall
andauern *w.* last, continue
das **Andauern** duration
das **Andenken** memory
ander *adj.* other; **etwas anderes** somewhat differently; **noch anderes** something else
andererseits *adv.* otherwise, on the other hand
ändern *w.* change
anders *adv.* otherwise
anderswo *adv.* elsewhere
anderwärts *adv.* elsewhere
andeuten *w.* indicate, denote
die **Andeutung** indication, suggestion
andringen *str.* press on, rush
andrücken *w.* press close to
aneignen *w.* adapt, take possession of
anerkennen *irr.* recognize
der **Anfang** beginning
anfangen *str.* begin
anfänglich *adv.* at first
anfangs *adv.* at the beginning
der **Anfangsbuchstabe** initial letter
anfassen *w.* take hold, seize
die **Anfertigung** manufacture, making
anfeuchten *w.* moisten
die **Anforderung** requirement, demand
anfügen *w.* add, affix, append
anführen *w.* quote, mention
die **Angabe** indication, reading (on a thermometer)
angeben *str.* indicate, denote, state
angebracht *see* **anbringen**
angehen *irr.* begin, start
angehören *w.* belong
angemessen *adj.* appropriate
angestrengt *adv.* strenuously
angetroffen *see* **antreffen**
angewandt *see* **anwenden**
angreifen *str.* attack
der **Angriffspunkt** point of attack
die **Angst** fear, anxiety
ängstlich *adj.* anxious, fearful
anhaften *w.* adhere
anhängen *str.* suspend, be suspended, attach
die **Anhänglichkeit** attachment, devotion
anhäufen *w.* heap up, accumulate
die **Anhäufung** accumulation
anheben *str.* begin
der **Anker** anchor
ankommen *str.* arrive
anlangen *w.* arrive
anlegen *w.* put to, set up, lay out; *refl.* adapt itself
die **Anleitung** guidance, instruction
anliegen *str.* adhere
anmelden *w.* announce
anmerken *w.* note, denote
annähernd *adj.* approximate
die **Annäherung** approach, approximation
die **Annahme** supposition, assumption; acceptance, adoption
annehmen *str.* accept, receive; assume, suppose

anordnen *w.* arrange, order; decree
die **Anordnung** arrangement
anpassen *w.* adapt
anpressen *w.* press against
anregen *w.* stimulate
anrichten *w.* cause
das **Anrufen** hailing, speaking
ans = **an das**
ansammeln *w.* collect, accumulate
anschauen *w.* perceive, contemplate
die **Anschauung** view, contemplation
anschlagen *str.* strike against
anschließen *str.* fit; *refl.* join (attach) one's self
ansehen *str.* look at, consider, view
das **Ansehen** consideration, esteem
ansehnlich *adj.* considerable, respectable
ansetzen *w. refl.* attach one's self
die **Ansicht** view, opinion
ansiedeln *w. refl.* settle, locate
die **Anspannung** harnessing, putting to
der **Anspruch** claim; **in Anspruch nehmen** claim
die **Anstalt** institution
anstatt *prep. with gen.* instead of
anstellen *w.* employ, engage, make
der **Anstoß** shock, impetus
anstrengen *w.* exert
die **Anstrengung** effort
der **Anteil** part, portion, share
antreffen *str.* meet
antreiben *str.* impel, urge on
die **Antwort** answer
antworten *w.* answer
anwachsen an *str.* grow to, take root
die **Anwachsstelle** place of the growth
anwendbar *adj.* applicable
die **Anwendbarkeit** applicability
anwenden *irr.* apply
die **Anwendung** application, appliance
die **Anzahl** number
das **Anzeichen** indication
die **Anzeige** indication
anzeigen *w.* indicate, denote
anziehen *str.* attract
die **Anziehung** attraction
die **Anziehungskraft** power of attraction
der **Araber** Arab
die **Arbeit** work, labor
arbeiten *w.* work
der **Arbeiter** workman, laborer
der **Arbeiterberufsverein** workingmen's society
das **Arbeiterberufswesen** vocation of workingmen
das **Arbeiterbildungswesen** instruction of workmen
die **Arbeiterfamilie** workingman's family
die **Arbeitergenossenschaft** workingmen's association
das **Arbeitermaterial** set of laborers
der **Arbeiterschutz** protection of workingmen
die **Arbeiterschutzgesetzgebung** legislation for protection of the working classes
der **Arbeiterstand** working classes
das **Arbeiterverhältnis** condition of laborers
das **Arbeiterversicherungswesen** workingmen's insurance
die **Arbeitsbedingung** terms (condition) of labor

der **Arbeitseffekt** effect of labor
die **Arbeitsenergie** energy of labor
das **Arbeitsergebnis** result of labor
die **Arbeitsgelegenheit** opportunity for work
die **Arbeitskraft** power of labor
die **Arbeitsleistung** performance (accomplishment) of labor
die **Arbeitsmaschine** machine for working, operator, motor
die **Arbeitsmethode** method of working
der **Arbeitsnachweis** employment agency, labor bureau
der **Arbeitsprozeß** labor process
das **Arbeitsrecht** right to work
die **Arbeitsstätte** workroom
die **Arbeitsstunde** working hour
arbeitsteilig *adj.* dividing the work
die **Arbeitsteilung** division of labor
die **Arbeitsverfassung** state (situation) of labor
der **Arbeitsvertrag** labor contract (agreement)
die **Arbeitszeit** working time
ärgerlich *adj.* vexatious, annoying
arm *adj.* (*comp.* ¨er, *sup.* ¨st) poor
der **Arm** arm, branch
die **Armenverwaltung** poor-law administration
das **Armenwesen** charity organization
armiert *adj.* armed; equipped with an armature
die **Armut** poverty
die **Art** kind, sort
der **Artenreichtum** abundance of species
der **Artikel** article, essay
der **Arzt** physician
die **Asche** ashes
der **Aschenfall** fall of ashes
der **Aschenkegel** ashy cone
die **Aschenmasse** mass of ashes
der **Asphaltsee** asphalt lake
die **Atembewegung** respiratory movement
das **Atemgeschäft** breathing business
atemlos *adj.* breathless
der **Atemzug** respiration
der **Äther** ether
die **Ätherschwingung** vibration of the ether
atmen *w.* breathe
das **Atmen** respiration, breathing
die **Atmung** breathing
die **Atmungsbeschwerde** heavy breathing
das **Atomgewicht** atomic weight
auch *adv.* also, even
auf *prep. with dat. or acc.* on, upon, to, toward, for, as to
der **Aufbau** structure, construction
aufbauen *w.* build up
aufbäumen *w. refl.* struggle, rebel
aufblasen *str.* blow (up)
der **Aufbruch** bursting, breaking, cracking
aufdecken *w.* discover, disclose
aufdrehen *w. refl.* untwine, unscrew
aufdrücken *w.* imprint, impress
aufeinander *adv.* on one another
auffällig *adj.* striking, remarkable
auffangen *str.* catch, snatch up
auffassen *w.* understand
die **Auffassung** idea, perception, comprehension
auffinden *str.* discover, find out
die **Auffindung** discovery
aufflammen *w.* flare up

das **Aufflammen** blazing up
aufführen *w.* mention
die **Aufgabe** task, problem, province
der **Aufgang** ascent, upstroke
aufgeben *str.* give up, hand over
aufhalten *str. tr.* stop; *refl.* stay, remain
aufhängen *str.* suspend
der **Aufhängungspunkt** point of suspension
aufheben *str.* do away with, dispense with; *refl.* neutralize
aufhören *w.* cease
das **Aufhören** cessation
aufklären *w.* enlighten
das **Auflodern** blazing up, flaring up
auflösen *w.* dissolve
die **Auflösung** dissolution
aufmachen *w.* open
aufmerksam *adj.* attentive; **aufmerksam machen** call attention to; **aufmerksam werden** become aware of
die **Aufmerksamkeit** attention
die **Aufnahme** reception, adoption, acceptation
aufnehmen *str.* take up, receive, accept, perceive
aufnimmt *see* **aufnehmen**
aufopfernd *adj.* self-sacrificing
aufprägen *w.* imprint
die **Aufquellung** springing up, gushing forth
aufrecht *adj.* sincere, upright, straight
die **Aufregung** excitement
aufrichten *w.* erect
der **Aufriß** splitting
der **Aufsauger** absorber
aufschlagen *str.* burst out
die **Aufschüttung** elevation
der **Aufschüttungskegel** raised cone
das **Aufsehen** sensation
aufspeichern *w.* store up
die **Aufspeicherung** storage
aufstauen *w.* pile up
aufsteigen *str.* mount, ascend
aufstellen *w.* put up, erect, establish
die **Aufstellung** erection, establishment, arrangement
auftreten *str.* appear, occur
das **Auftreten** appearance, occurrence
auftürmen *w. refl.* tower up, rise
der **Aufwand** expenditure
aufwärts *adv.* upwards
aufwenden *irr.* apply, lay out, devote
aufwerfen *str.* throw up; *refl.* set up, proclaim one's self
aufzählen *w.* enumerate, mention in detail
der **Augapfel** eyeball
das **Auge** eye; **ins Auge fassen** consider; **vor Augen führen** display; **im Auge haben** consider, think of
die **Augenachse** axis of the eye
der **Augenbewegungsnerv** oculomotor nerve
augenblicklich *adv.* instantaneously
die **Augenkammer** chamber of the eye
der **Augenmuskel** muscle of the eye
der **Augenraum** eye socket
augenscheinlich *adj.* evident

die **Augenwand** wall of the eye socket
aus *prep. with dat.* out of, from; **von . . . aus** from . . . up
ausatmen *w.* exhale
das **Ausatmen** exhalation
der **Ausbau** building up, construction
ausbeuten *w.* exploit
ausbilden *w.* perfect, improve, educate, form, develop
die **Ausbildung** formation
ausbreiten *w.* spread out, extend
die **Ausbreitung** expansion
ausbrennen *irr.* burn down (out)
der **Ausbruch** eruption, outbreak
ausdehnen *w.* expand, lengthen, extend
die **Ausdehnung** expansion, extension
die **Ausdehnungskraft** power of extension
der **Ausdruck** expression
ausdrücken *w.* express
auseinanderbrechen *str.* break asunder
auseinandergehen *irr.* come asunder, separate
ausfallen *str.* turn out
ausfechten *str.* fight out, fight to a finish
ausfinden *str.* find out, discover
ausführen *w.* perform, execute, carry out, make
die **Ausführung** execution, completion, explanation; **zur Ausführung kommen** be put into execution
ausfüllen *w.* fill up, complete
der **Ausgang** result, exit, end; starting point
der **Ausgangspunkt** point of starting
ausgeben *str.* take for, consider
ausgehen *irr.* go out, start, proceed
ausgesandt *see* **aussenden**
ausgeschieden *see* **ausscheiden**
ausgeschlossen *see* **ausschließen**
ausgezeichnet *adj.* distinguished, prominent
ausgießen *str.* pour out, cover
der **Ausgleich** equalization, adjustment
ausgleichen *str.* adjust, equalize
die **Ausgleichung** equalization, adjustment
aushalten *str.* sustain, bear
das **Aushülfsmittel** supplementary means
auskaufen *w.* buy up, buy out
auskleiden *w.* line, coat
auskommen *str.* get along
die **Auskunft** information
auslöschen *w.* extinguish
ausmachen *w.* constitute, contain
ausmalen *w.* portray, picture
die **Ausnahme** exception
ausnahmsweise *adv.* exceptionally
ausnutzen *w.* exploit, utilize
die **Ausnutzung** utilization
auspressen *w.* press out
auspuffen *w.* escape
die **Ausrüstung** outfit, equipment
aussagen *w.* predict, say, state
ausscheiden *str.* secrete, expel
ausschießen *str.* shoot forth, emit
der **Ausschlag** issue; **Ausschlag geben** *see* **ausschlaggeben**
ausschlaggeben *str.* decide (the matter)
ausschleudern *w.* hurl forth

das **Ausschleudern** throwing up, emission
ausschließen *str.* exclude
ausschließlich *adv.* exclusively
ausschreiben *str.* announce
aussehen *str.* appear
das **Aussehen** appearance
außen *adv.* outside; **nach außen** outwardly
aussenden *irr.* send out, send away
die **Außenfläche** surface, superficies
außer *prep. with dat.* beside, outside
äußer *adj.* outer, external; *sup.* **äußerst** utmost, *adv.* extremely
außerdem *adv.* besides
außerhalb *prep. with gen.* on the outside of; *adv.* on the outside
äußerlich *adj.* external, outward
äußern *w.* express, manifest
außerordentlich *adj.* extraordinary
die **Äußerung** expression, manifestation
aussetzen *w.* expose
die **Aussicht** prospect, view; **in Aussicht nehmen** plan, propose
der **Aussichtspunkt** point of view
aussprechen *str.* say, express
der **Ausspruch** saying, utterance
ausstatten *w.* equip
aussterben *str.* die out, become extinct
ausstoßen *str.* throw out, expel
die **Ausstrahlung** radiation
ausstrecken *w.* stretch out, extend
ausströmen *w.* stream forth, escape
das **Ausströmen** outflow
der **Austausch** exchange
austauschen *w.* exchange
die **Auster** oyster
austreiben *str.* expel
ausüben *w.* exert, practice
die **Auswahl** selection
auswählen *w.* select
auswaschen *str.* wash out
die **Auswechslung** exchange
ausweichen *str.* yield, evade, give way, deviate
die **Ausweichung** deviation
auswerfen *str.* throw out
auszeichnen *w.* distinguish
ausziehen *str.* draw out
der **Autoritätsglaube(n)** belief in the authority (of preceding scientists)

B

der **Bach** brook
backen *str.* bake
der **Backstein** brick
die **Bahn** path, course, road; (*for* **Eisenbahn**) railroad
bahnen *w.* level, even; pave the way
der **Bahnhof** railroad station
die **Bahnlinie** railway line
die **Bai** bay
der **Balancier** beam
bald *adv.* soon; **bald . . . bald** now . . . then
baldig *adj.* speedy, early
das **Balkongeländer** balcony railing
ballen *w. refl.* gather into a ball
das **Band** ribbon
die **Bangigkeit** anxiety
der **Barbier** barber

barsten *see* **bersten**
die **Base** base, alkali
basieren *w.* base, found
der **Bau** structure, construction
der **Bauch** abdomen
bauen *w.* build, form
der **Bauer** peasant
der **Bauernschutz** protection of peasants
der **Bauernstand** peasantry
baulich *adv.* architecturally
der **Baum** tree
der **Baumwollbau** cultivation of cotton
die **Baumwolle** cotton
das **Baumwollpapier** cotton paper
die **Baumwollverarbeitung** cotton manufacture
die **Baute** building, structure
das **Bauwesen** building matters
das **Bayern** Bavaria
beachtenswert *adj.* noteworthy
der **Beamte** (government) official, functionary, officeholder
der **Beamtendienst** service of officeholders
die **Beamtenqualität** quality (character) of officeholders
die **Beamtenschaft** officialdom
das **Beamtentum** officialdom
die **Beamtenzahl** number of officeholders
beanspruchen *w.* claim
die **Bearbeitung** working, manufacture
der **Bedarf** need, requirement
bedecken *w.* cover
bedeuten *w.* signify, mean
bedeutend *adj.* considerable
bedeutsam *adj.* important
die **Bedeutsamkeit** significance
die **Bedeutung** importance
bedeutungsvoll *adj.* full of significance
bedienen *w.* serve; *refl.* use, avail one's self
bedienend *adj.* serving, attending
bedingen *str.* involve (the necessity of), cause
bedingt *adj.* required
die **Bedingung** condition
bedrohen *w.* threaten
bedürfen *irr.* need
das **Bedürfnis** need, want
beeinflussen *w.* influence
beeinträchtigen *w.* injure, impair
beenden *w.* end, terminate
befähigen *w.* enable
das **Befahren** driving on, passing along
befangen *adj.* intimidated
befassen *w. refl.* concern one's self
befestigen *w.* fasten; *refl.* attach one's self
die **Befestigung** fastening, attachment
befinden *str. refl.* be, happen to be
befindlich *adj.* existing, extant, contained
befolgen *w.* follow, obey
befördern *w.* forward, transport, lift, convey
die **Beförderung** transportation, conveyance
das **Beförderungsmittel** means of transportation
befriedigend *adj.* satisfactory
begabt *adj.* gifted
die **Begabung** talent
begeben *str. refl.* go, betake one's self

begegnen *w.* meet, encounter; correct
der **Beginn** beginning
beginnen *str.* begin
begleiten *w.* accompany
der **Begleiter** companion
begnügen *w. refl.* be satisfied
begonnen *see* **beginnen**
begraben *str.* bury
begreifen *str.* comprehend
das **Begreifliche** intelligibility
begrenzen *w.* limit, border, confine
der **Begriff** idea, conception; **im Begriff sein** be about, be on the point of
begründen *w.* found, establish
der **Begründer** founder
begünstigen *w.* favor
begünstigst *adj.* most favored
das **Behagen** comfort
behalten *str.* retain, keep
behandeln *w.* treat (of), deal with
das **Behandeln** handling, management
die **Behandlung** treatment, management
behauen *str.* hew
behaupten *w.* maintain
das **Behauptete** assertion
beherrschen *w.* rule over, control, master
der **Beherrscher** master, lord
der **Behuf** purpose
bei *prep. with dat.* at, near, with
beibehalten *str.* retain
beibringen *irr.* inflict
beide *adj.* both
beifügen *w.* add
beim = **bei dem**
beimengen *w.* mix with
die **Beimengung** admixture
das **Bein** leg
beinahe *adv.* almost, nearly
beirren *w.* confuse, mislead
beiseite *adv.* aside
das **Beispiel** example; **z. B.** = **zum Beispiel** for example
beispiellos *adj.* unprecedented
der **Beitrag** contribution
beitragen *str.* contribute
bekannt *adj.* known, well known; **bekannt sein** be acquainted; **sich bekannt machen** become acquainted; **ein Bekannter** an acquaintance
bekanntermaßen *adv.* confessedly, as is well known
bekanntlich *adv.* as everybody knows
bekehren *w.* convert
bekennen *irr.* admit
beklagenswerth *adj.* lamentable, deplorable
bekleiden *w.* dress, line
die **Bekleidung** clothing, dressing
beklemmend *adj.* embarrassing
bekommen *str.* receive, get, obtain, assume
beladen *adj.* burdened, covered
belassen *str.* leave
belasten *w.* burden, load
die **Belastung** burden
beleben *w.* enliven, animate
der **Beleg** proof
belegen *w.* (**mit**) designate (by)
die **Belegung** (**aus**) coating (of)
belehren *w.* instruct, inform
beleuchten *w.* illuminate
die **Beleuchtung** illumination
beliebig *adj.* wished for, desired; **jeder beliebige** any

beliebt *adj.* popular, in vogue
die **Bemeisterung** mastery, control
bemerken *w.* observe, notice
bemerklich *adj.* noticeable
bemessen *str.* measure
bemühen *w. refl.* take pains, make an effort; **bemüht sein** make endeavors
die **Bemühung** effort, endeavor
benachbart *adj.* neighboring
benannt *adj.* called, named
beneiden *w.* envy
die **Benennung** name, term
benutzen *w.* employ, make use of
die **Benutzung** utilization, employment
die **Benutzungsordnung** system of utilization
beobachten *w.* observe
der **Beobachter** observer
die **Beobachtung** observation; **zur Beobachtung gelangen** be observed
die **Beobachtungsmethode** method of observation
bequem *adj.* convenient, comfortable, easy-going
beraten *str.* consult
berauschen *w.* intoxicate
berechnen *w.* calculate, compute
die **Berechnung** calculation
der **Bereich** domain, sphere
bereichern *w.* enrich
bereiten *w.* prepare, make ready, cause
bereits *adv.* already
die **Bereitung** preparation, manufacture
der **Berg** mountain
der **Bergabhang** slope of a mountain
der **Bergbau** mining
die **Bergform** shape of a mountain
der **Berggipfel** top of a mountain
die **Berghöhe** height of a mountain
die **Bergindustrie** mining industry
die **Bergkette** chain of mountains
die **Bergleute** *pl.* miners
das **Bergwerk** mine
das **Bergwesen** mining affairs
berichten *w.* report
berichtigen *w.* rectify, correct
der **Bernstein** amber
bersten *str.* burst, explode
das **Bersten** bursting, disruption
berücksichtigen *w.* consider
die **Berücksichtigung** regard, consideration
der **Beruf** vocation, profession
beruhen *w.* rest, consist, be based
beruhigen *w.* pacify, calm
beruhigt *adj.* contented, calmed down
berühmt *adj.* famous
berühren *w.* touch
die **Berührung** contact
die **Berührungsfläche** tangent plane
der **Berührungspunkt** point of contact
die **Berührungsstelle** place of contact
besaßen *see* **besitzen**
beschaffen *str.* procure
die **Beschaffenheit** quality, condition, nature
beschäftigen *w.* occupy, employ; *refl.* deal with, be engaged in
die **Beschäftigung** occupation

die **Bescheidenheit** modesty
beschleunigen *w.* accelerate
die **Beschleunigung** acceleration
beschließen *str.* conclude, decide on
beschränken *w.* confine; *refl.* be limited
beschränkt *adj.* limited
beschreiben *str.* describe
die **Beschreibung** description
beseitigen *w.* set aside, eliminate
die **Beseitigung** removal, elimination
besessen *see* **besitzen**
besetzt *adj.* provided; **besetzt aus** lined with
besiegen *w.* overcome
der **Besitz** possession, ownership
besitzen *str.* possess
der **Besitzer** owner
besonder *adj.* peculiar, particular
besonders *adv.* especially
besprochen *adj.* spoken of, mentioned
bespülen *w.* wash (the shore, the banks)
besser *adj.* better
bessern *w.* improve
best *adj.* best; **am besten** in the best manner
der **Bestand** make-up, existence, stability, stock
beständig *adv.* constantly
die **Beständigkeit** stability, constancy
der **Bestandteil** component part, ingredient
bestätigen *w.* confirm
die **Bestätigung** confirmation
bestehen *irr. intr.* exist; **bestehen aus** consist of; *trans.* bear, stand
bestimmen *w.* induce, decide, determine
bestimmend *adv.* decisively
bestimmt *adj.* intended, destined, definite; *adv.* decidedly
die **Bestimmung** purpose, definition, determination, destination
bestisolierend *adj.* insulating in the best manner
die **Bestrebung** effort
besuchen *w.* visit, call on
betäubend *adj.* deafening
beteiligen *w. refl.* participate, be interested
der **Betracht** consideration; **in Betracht kommen** be considered; **in Betracht ziehen** consider
betrachten *w.* consider, contemplate
das **Betrachten** contemplation
beträchtlich *adj.* considerable
betragen *str.* amount to
betrat *see* **betreten**
betreffen *str.* concern, strike; **was betrifft** as to
betreffend *adj.* in question, referred to
betreten *str.* enter upon
der **Betrieb** instigation, traffic, management, business
die **Betriebsform** form (way) of traffic; mode of operating
betroffen *adj.* struck, affected
das **Bett** bed
die **Beugung** bending
beurteilen *w.* judge
bevölkern *w.* inhabit
die **Bevölkerung** population
bevor *conj.* before
bevorstehen *irr.* impend, threaten
bewahren *w.* preserve, guard from

bewähren *w. refl.* turn out
bewältigen *w.* overcome
die **Bewältigung** subjugation
bewegen *w.* remove; *refl.* move; *str.* induce
beweglich *adj.* movable
die **Beweglichkeit** movableness
bewegt *adj.* removed, pushed aside
die **Bewegung** motion
die **Bewegungsfähigkeit** capability of motion
die **Bewegungsmaschine** motor machine
der **Bewegungsmechanismus** mechanics
der **Beweis** proof
beweisen *str.* prove
bewirken *w.* cause, have the effect, bring about
bewohnt *adj.* inhabited
bewundern *w.* admire
bewundernswürdig *adj.* worthy of admiration
bewußt *adj.* conscious
bezeichnen *w.* designate, denote
die **Bezeichnung** name, designation
beziehen *str. refl.* refer
die **Beziehung** respect, regard, relation
beziffern *w.* mark with numbers, estimate
der **Bezug** regard; **Bezug nehmen** refer
biegen *str.* bend
die **Biegung** fold, curvature
das **Bier** beer
bieten *str.* offer
das **Bild** picture
bilden *w.* form, educate
der **Bilderrahmen** picture frame
die **Bildsäule** statue
die **Bildung** formation, education
die **Bildungsweise** manner of formation
billig *adj.* cheap
die **Billigkeit** cheapness
binden *str.* bind; **gebunden** constrained; **gebunden sein** be dependent
der **Bindfaden** thread
binnen *prep. with gen.* within
bis *conj.* until, till; **bis dahin** until then; **bis über** beyond
bisher *adv.* until now, hitherto
bisherig *adj.* hitherto prevailing
bisweilen *adv.* sometimes
das **Bläschen** small bubble; vesicle (of the lungs)
blaß *adj.* pale
blaßgelb *adj.* pale yellow
blaßrot *adj.* pale red
das **Blatt** leaf, page (of a book)
das **Blättchen** leaflet
blau *adj.* blue
bläulich *adj.* bluish; **bläulich weiß** bluish white
blaurötlich *adj.* blue reddish
das **Blei** lead
bleiben *str.* remain; **von einander bleiben** keep away from one another; **stehen bleiben** stop; **übrig bleiben** remain over
bleibend *adj.* permanent
blenden *w.* blind, dazzle
der **Blick** look, glance, vision
blicken *w.* look; **blicken nach** look at
blind *adj.* blind
der **Blitz** lightning
der **Blitzableiter** lightning rod
das **Blitzen** lightning

die **Blitzesschnelle** rapidity of lightning
der **Blitzschlag** flash of lightning
bloß *adj.* mere, bare
blühend *adj.* flourishing
das **Blut** blood
der **Blutdruck** blood pressure
die **Blüte** bloom, flourishing condition
die **Blutflüssigkeit** watery part of the blood, plasma
das **Blutgefäß** blood vessel
das **Blutgerüst** scaffold
blutig *adj.* bloody
der **Blutkreislauf** circulation of the blood
die **Blutmenge** quantity of blood
blutrot *adj.* blood red
der **Boden** soil, earth, ground; **an Boden verlieren** lose ground
die **Bodenbewegung** movement of the soil
die **Bodenerschütterung** shaking (concussion) of the soil
das **Bodenteil** part of the soil
das **Bohnerz** pea (bog) ore
Bologneser *adj.* of the city of Bologna
der **Branntwein** brandy
der **Braten** roast
brauchbar *adj.* useful, practical, applicable
die **Brauchbarkeit** fitness, serviceableness
brauchen *w.* need, require
braun *adj.* brown
das **Brausen** roaring
brechen *str.* break
das **Brechen** breaking down
die **Brechung** refraction
breit *adj.* wide, large, widely spread
die **Breite** extent, latitude, width, breadth
brennbar *adj.* combustible
brennen *str.* burn
das **Brennen** combustion
das **Brennmaterial** combustible material
die **Brennstoffmenge** amount of combustible material
das **Brettchen** small board
bricht *see* **brechen**
bringen *irr.* bring, take; **zu Stande bringen** bring about, accomplish; **in Verdacht bringen** cast suspicion on, make suspected
das **Brommagnesium** bromide of magnesium
die **Broschüre** pamphlet
das **Brot** bread
der **Bruchteil** fraction
die **Brücke** bridge
der **Brückenbau** bridge building
die **Brühe** broth
die **Brust** chest
die **Brusthälfte** half of the chest
die **Brusthöhle** thoracic cavity
der **Brustkorb** thorax
der **Brustraum** thorax
das **Buch** book
das **Buchdrucken** printing of books
die **Büchersammlung** collection of books, library
das **Buchführen** bookkeeping
das **Buchgewerbe** book trade
die **Bucht** bay
der **Bürger** citizen
bürgerlich *adj.* of the middle class
das **Bürgertum** citizens (collectively), middle class

C

der **Centner** hundredweight
der **Centralpunkt** center
die **Centrifugalkraft** centrifugal force
charakterisieren *w. refl.* be characteristic of
chilenisch *adj.* Chilean
das **Chlorcalcium** (**Chlorkalzium**) chloride of calcium
das **Chlorkalium** chloride of potassium
das **Chlormagnesium** chloride of magnesium
das **Chlornatrium** chloride of sodium
christlich *adj.* Christian
das **Chylusgefäß** chyle vessel
die **Cisterne** (**Zisterne**) cistern
das **Citat** (**Zitat**) citation
die **Cocon(Kokon)erzeugung** production of cocoons
conform *adj.* conformable
der **Cylinder** (**Zylinder**) cylinder
der **Cylinderdeckel** cylinder cover
der **Cylindermantel** steam case, cylinder jacket

D

da *adv.* there, then; **von da ab** (*or* **an** *or* **aus**) from that time, from there; *conj.* since, because
dabei *adv.* at the same time, on that occasion, for that purpose
der **Dachfirst** ridge of a roof
dachte *see* **denken**
dadurch *adv.* throughout, by that means, in this (that) manner, thereby; *cf. note to page* **xviii** 5
dafür *adv.* instead of it, on the other hand
dagegen *adv.* on the contrary
daher *adv.* therefore, then
dahin *adv.* thither, to them, in this way; **bis dahin** until then
dahinfahren über *str.* pass over
dahingehen über *irr.* pass over
dahinsterben *str.* die away
damalig *adj.* then, then prevailing
damals *adv.* then, at that time
damit *adv.* with it, by it; *conj.* in order that
dämonisch *adj.* demoniac
der **Dampf** steam, vapor
die **Dampfbildung** formation of steam
der **Dampfcylinder** steam cylinder
dampfdicht *adj.* steam-tight
der **Dampfdruck** steam pressure
dampfen *w.* steam
die **Dampfentnahme** taking away (removal) of steam
die **Dampfentwickelung** development of steam
der **Dampfer** steamer
die **Dampferzeugung** production of steam
die **Dampfgestalt** form of steam
der **Dampfhammer** steam hammer
die **Dampfkammer** steam chest
der **Dampfkessel** boiler
die **Dampfkraft** steam power
die **Dampfmaschine** steam engine
der **Dampfmaschinenbau** construction of steam engines
die **Dampfmenge** quantity of steam
der **Dampfraum** steam space
der **Dampfsammler** steam dome
der **Dampfstrahl** steam jet
der **Dampfstrom** stream of vapor

der **Dampfverbrauch** consumption of steam
der **Dampfverlust** loss of steam
der **Dampfwagen** locomotive
die **Dampfzuleitung** conveyance of steam
der **Dampfzutritt** access (admittance) of steam
danach *adv.* after that, thereafter
daneben *adv.* besides
der **Dank** thanks, gratitude; **dank** thanks to
dankbar *adj.* grateful, indebted
danken *w.* owe, be obliged
dann *adv.* then, afterwards, in that case
daran *adv.* thereon, near it, by (on) it
darauf *adv.* afterwards, on it, to the fact
daraus *adv.* therefrom, from it (them), out of it (them)
darbieten *str.* offer
darf *see* **dürfen**
dargethan *see* **darthun**
darin *adv.* therein, in it
darlegen *w.* explain, demonstrate
der **Darm** intestinal canal
darstellen *w.* represent, produce
die **Darstellung** presentation, exhibition, making
darthun *irr.* show, reveal
darüber *adv.* over it, on that account
darum *adv.* therefore
darunter *adv.* under it, among them
das **Dasein** existence
daß *conj.* that, so that
datieren *w.* date
die **Dauer** duration
dauern *w.* last, continue
dauernd *adv.* continuously
davon *adv.* of it (that), on that account, through it
dazu *adv.* for this (that) purpose in addition to that
dazuzählen *w.* add (to the number)
dazwischen *adv.* between them
die **Decke** covering, ceiling
definieren *w.* define
die **Deklinationsnadel** declinometer
dekretieren *w.* decree
demnach *adv.* therefore, consequently
demungeachtet *adv.* nevertheless
demüthig *adj.* humble
denkbar *adv.* conceivably
denken *irr.* think; *refl.* imagine
das **Denken** thinking, reasoning
denn *adv.* then, therefore; *conj.* for, because
dennoch *adv.* nevertheless
die **Depesche** dispatch
derart *adv.* in such a way
derb *adj.* compact
dergestalt *adv.* in such a manner (shape)
dergl. = **dergleichen**
dergleichen *adj.* such, such things
derlei *adj.* such
deshalb *adv.* therefore
dessenungeachtet *adv.* notwithstanding
deswegen *adv.* therefore
detaillirtest *adj.* most detailed
deuten *w.* interpret, explain, indicate
deutlich *adj.* distinct, clear
deutsch *adj.* German

das **Deutschland** Germany
die **Deutung** interpretation, explanation
d. h. = **das heißt** that means
dicht *adv.* closely
die **Dichtigkeit** density
dick *adj.* thick
die **Dicke** thickness
dienen *w.* serve, be available
dienend *adj.* available
der **Dienst** service
dienstbar *adj.* serviceable
dienstpflichtig *adj.* obliged to serve
diesseits *adv.* on this side
different *adj.* differing, various
das **Ding** thing, affair
doch *adv. and conj.* yet, nevertheless
der **Domvulkan** dome-shaped volcano
der **Donner** thunder
das **Donnergebrüll** thunderous din, thundering noise
der **Donnerkeil** thunderbolt, belemnite
der **Donnerschlag** thunderclap
das **Doppelbild** double picture
doppelt *adj.* double
doppeltwirkend *adj.* double-acting
die **Dorfverfassung** village (town) constitution
dort *adv.* there
dorthin *adv.* thither, to that place
dortig *adj.* of that place; **die dortige Gegend** that locality
der **Drache** kite
der **Draht** wire
drängen *w.* crowd, push, rush
das **Drängen** urgent entreaty
drehbar *adj.* rotatory
drehen *w.* turn
die **Drehung** turning, rotation, gyration
drei *num.* three
dreifach *adj.* threefold, triple
dreißig *num.* thirty
dreiwertig *adj.* trivalent
dringen *str.* penetrate, break, sally
dritt *adj.* third
das **Drittel** third (part)
der **Druck** pressure
die **Druckdifferenz** difference as to pressure
drucken *w.* print
drücken *w.* press
die **Drüse** gland
dumm *adj.* (*comp.* ¨er, *sup.* ¨st) stupid
dumpf *adj.* hollow, dull
die **Düngung** fertilization
dunkel *adj.* dark
das **Dunkel** darkness
dunkelblau *adj.* dark blue
dunkelgefärbt *adj.* of a dark color
dunkelgrün *adj.* dark green
dünn *adj.* thin
dünnschiefrig *adj.* of thin slate, of thin scales
dünnwandig *adj.* thin-walled
der **Dunst** vapor
durch *prep. with acc.* through; **durch und durch** throughout, completely
durchaus *adv.* throughout; **durchaus nicht** not at all
durchbilden *w.* educate (drill) thoroughly, perfect
durchblitzen *w.* flash through
durchbohren *w.* pierce, perforate
durchbrechen *str.* break (cut) through

durchdringen *str.* penetrate, permeate
durcheinander *adv.* topsy-turvy
durchflechten *str.* intertwine
durchfließen *str.* flow through
durchführen *w.* carry through, achieve
der **Durchgang** passage
durchgängig *adv.* throughout
durch(ge)flossen *see* **durchfließen**
durchgegangen *see* **durchgehen**
durchgehen *irr.* pass through
durchgreifend *adj.* decisive, vigorous
durchlaufen *str.* run through
das **Durchlaufen** passage through
durchmachen *w.* pass through
der **Durchmesser** diameter
durchquellend *adj.* gushing forth
die **Durchschiffung** crossing, sailing across
der **Durchschnitt** average
durchschnittlich *adv.* on the average
durchsetzen *w.* penetrate
durchsichtig *adj.* transparent
die **Durchsichtigkeit** transparency
durchspülen *w.* wash, cleanse
durchstechen *str.* pierce
durchströmen *w.* flow through
durchweg *adv.* throughout
durchziehen *str.* pass through
durchzucken *w.* flash through
dürfen *modal aux.* may, be permitted; *with* **nicht** must; *for infinitive instead of past participle cf. note to page* **14** 1
die **Dürre** drought, aridity
der **Durst** thirst; **Durst nach** thirst for

E

eben *adj.* level, even; *adv.* just, just now, possibly, then
ebenderselbe *adj.* just the same
die **Ebene** plain
ebenfalls *adv.* likewise, just the same, in the same way
ebenso *adv.* likewise, just the same, in the same way; **ebenso viele** just as many; **ebenso wie** just as
ebensolch *adj.* just the same
echt *adj.* genuine, real
die **Ecke** corner
der **Edelstein** precious stone, jewel
der **Egoismus** egotism
egoistisch *adj.* egotistical
ehe *conj.* before
ehedem *adv.* formerly
eher *adv.* sooner, rather
ehern *adj.* brazen
die **Ehre** honor; **zu Ehren** *with dat.* in honor of
ehren *w.* honor
der **Ehrenplatz** place of honor
ehrlich *adj.* honest
das **Ei** egg
eifrig *adv.* zealously
eigen *adj.* own, independent, of one's own; **sich zu eigen machen** make one's own, appropriate
eigenartig *adj.* peculiar, unique
die **Eigenbewegung** motion of its own
das **Eigengewicht** dead weight
die **Eigenschaft** property, quality
eigentlich *adj.* proper, real
der **Eigentümer** proprietor
eigentümlich *adj.* proper, peculiar, belonging to, characteristic of

die **Eigentümlichkeit** peculiarity
einander *adv.* one another
einatmen *w.* inhale, breathe
das **Einatmen** respiration
einbetten *w.* embed
einbilden *w. refl.* imagine
die **Einbildung** imagination
eindringen *str.* penetrate
der **Eindruck** impression
einerseits *adv.* on the one side, on the one hand
einfach *adj.* simple
die **Einfachheit** simplicity
einfachwirkend *adj.* single-acting
einfallen *str.* strike
einfetten *w.* grease
der **Einfluß** influence
einflußreich *adj.* influential
die **Einflußsphäre** sphere of influence
einfügen *w.* insert, put in place; *refl.* adapt one's self
die **Einfügung** adaptation to
einführen *w.* introduce
die **Einführung** introduction
der **Eingang** entrance; **sich Eingang verschaffen** gain admission
eingeatmet *see* **einatmen**
eingedenk *adj.* mindful
eingehen *irr.* enter into, go; **zur Ruhe eingehen** enter one's resting place
das **Eingehen** (**auf, in**) detailed account (of)
eingehender *adv.* more in detail, more particularly
eingeschaltet *adj.* switched on, connected
eingeschlagen *adj.* affixed, posted
eingreifend *adj.* efficacious, effective

die **Einheit** unity
einheitlich *adj.* uniform, coherent
einige *adj.* some
einigemale *adv.* several times
einigermaßen *adv.* to some degree, to some extent
der **Einklang** unison; **in Einklang stehen** harmonize
das **Einkommen** income, wages, revenue
die **Einkommenverteilung** distribution (division) of income
einlagern *w.* embed
einleiten *w.* introduce, prepare
einleitend *adv.* by way of introduction
einleuchten *w.* be evident
einmal *adv.* once, just once, at one time; **auf einmal** at once; **nicht einmal** not even; **noch einmal** once more
einnehmen *str.* occupy, take (as a substitute)
einreihen *w.* classify
einrichten *w.* arrange, organize
die **Einrichtung** arrangement, organization; plant (of a factory)
einsam *adj.* lonely
einschlagen *str.* take, pursue; strike (of lightning); **einen Weg einschlagen** pursue a course
einschließen *str.* include, inclose
einschließlich *adv.* inclusive of
das **Einschmelzen** melting, smelting
einschränken *w.* limit
einsehen *str.* understand, grasp, recognize
die **Einsenkung** depression
einsetzen *w. tr.* put in, install, instate; *intr.* set in, begin

einsickern *w.* trickle
einspritzen *w.* inject
einst *adv.* once, once upon a time
einstellen *w.* stop; *refl.* appear
das **Einstellen** direction, pointing
einstens *adv.* once, a long time ago
einstmals *adv.* once, a long time ago
einströmen *w.* flow in
das **Einströmen** influx, admission
der **Einsturz** collapse, falling down
das **Einsturzbeben** destructive earthquake
eintauchen *w.* dip, immerse
einteilen *w.* divide, classify
die **Einteilung** division
eintreten *str.* enter; occur, take place
eintritt *see* **eintreten**
der **Eintritt** entrance, beginning
die **Eintrittsstelle** place of entrance
einwertig *adj.* univalent
einwirken *w.* act, operate
die **Einwirkung** action, influence
das **Einzelgeschäft** particular business
einzeln *adj.* single, particular; der **Einzelne** the individual; **Einzelnes** details, particulars; *adv.* individually
das **Einzelnbeispiel** single (special) example
die **Einzelnfortschritte** *pl.* single (individual) advancements
die **Einzelnheit** detail, particularity
einzig *adj.* sole, single, only
das **Eis** ice
das **Eisen** iron
die **Eisenbahn** railroad
das **Eisenbahngeleis(e)** railroad track
die **Eisenbahngesellschaft** railroad company
die **Eisenbahnlinie** railroad line
der **Eisenbahnwagen** railroad car
das **Eisenbahnwesen** management of a railroad
die **Eisenbereitung** preparing (working) of iron
der **Eisencylinder** iron cylinder
das **Eisenerz** iron ore
die **Eisenfeilspäne** *pl.* iron filings
das **Eisengeländer** iron railing
eisenhaltig *adj.* ferriferous
der **Eisenoolith** iron oölite
das **Eisenoxyd** peroxide of iron
die **Eisenproduktion** production of iron
der **Eisenrost** rusted iron
der **Eisenstab** iron rod, iron bar
die **Eisenstange** iron rod, iron bar
das **Eisenstück** piece of iron
die **Eisentechnik** iron technics
die **Eisenverbindung** combination of iron
eisern *adj.* iron
die **Eisscholle** block of ice
eitel *adj.* vain
die **Eitelkeit** vanity
das **Eiweiß** white of an egg
der **Eiweißkörper** albuminoid
der **Eiweißstoff** albumin
elec(k)tric(z)itäterregend *adj.* producing electricity, electromotor
die **Elec(k)tric(z)itätslehre** instruction in electricity
der **Elec(k)tric(z)itätsleiter** electric conductor

die **Elec(k)tric(z)itätsscheidung** parting (separation) of electricity
die **Elec(k)tric(z)itätsspannung** tension of electricity
das **Elec(k)tric(z)itätsverhältnis** condition of electricity
elfjährig *adj.* of eleven years
empfangen *str.* receive
empfehlen *str.* recommend; *refl.* commend one's self
das **Empfinden** sensation
empfindlich *adj.* sensitive, grievous
die **Empfindlichkeit** sensitiveness
empor *adv.* on high, up
emporbrechen *str.* break forth
empordringen *str.* rise up, press upwards
emporführen *w.* raise up
emporhaspeln *w. refl.* draw one's self up
emporheben *str.* raise, elevate
das **Emporheben** lifting up, soaring up
emporragen *w.* tower above, project, rise
emporschieben *str.* shove up
emporschießen *str.* shoot upwards
emporsteigen *str.* rise, climb up
emsig *adj.* industrious
das **Ende** end
endigen *w.* end
endlich *adv.* finally
das **Endresultat** final result
eng *adj.* narrow, close, limited, poor
engbegrenzt *adj.* closely confined
der **Engländer** Englishman
englisch *adj.* English
entbehren *w.* do (be) without, dispense with, lack
entdecken *w.* discover
der **Entdecker** discoverer
die **Entdeckung** discovery
die **Entdeckungsfahrt** voyage of discovery
entfalten *w.* develop
entfernen *w.* remove
entfernt *adj.* far, remote, far away; *adv.* by far
die **Entfernung** distance
entgegen *adv.* opposite
entgegengesetzt *adj.* opposite, contrary
entgegenstellen *w.* oppose; *refl.* offer opposition
entgegenstrecken *w. refl.* stretch out towards
entgegentreten *str.* oppose, meet, appear before
entgegenwirken *w.* oppose, work against
entgehen *irr.* escape
enthalten *str.* contain
die **Entladung** discharge
entlang *adv.* along
entlegen *adj.* distant
entnommen *adj.* derived
die **Entrechtung** deprivation of civic rights
entreißen *str.* tear away from, deprive
entrollen *w.* unfold
entschädigen *w.* indemnify
entscheiden *str.* decide
entschieden *adv.* decisively, positively
der **Entschluß** resolution; **den Entschluß fassen** resolve
entsetzt *adj.* horrified
entsprechen *str.* correspond, conform

entsprechend *adv.* respectively
das **Entsprechende** the adequate amount
entspringen *str.* rise, originate
entstammen *w.* descend from
entstanden *adj.* originated
entstehen *irr.* arise, come into existence
die **Entstehung** origin, beginning
der **Entstehungspunkt** point of origin
entsteigen *str.* emanate
entstürzen *w.* rush from (forth)
entweder *adv.* either
entweichen *str.* escape, disappear
entwerfen *str.* trace, sketch
entwickeln *w.* develop
die **Entwickelung** development
entwickelungsfähig *adj.* capable of development
der **Entwurf** outline, first draft
entziehen *str.* withdraw; *refl.* escape
entzogen *adj.* taken away from
entzünden *w.* light, ignite, inflame, arouse
die **Entzündung** ignition
epochemachend *adj.* epoch-making
erachten *w.* consider
erbauen *w.* build
der **Erbauer** builder
die **Erbauung** construction
erblicken *w.* perceive, behold
erblühen *w.* flourish, blossom
erbohren *w.* bore, drill
das **Erdbeben** earthquake
erdbebenartig *adj.* earthquake-like
der **Erdboden** soil, ground
die **Erde** earth, earthy minerals
die **Erdelec(k)tric(z)ität** terrestrial electricity
die **Erderschütterung** vibration (concussion) of the earth
die **Erdfeste** firm, solid earth
die **Erdgeschichte** geology
die **Erdhälfte** hemisphere
erdig *adj.* earthlike, earthy
das **Erdinnere** interior of the earth
der **Erdkörper** terrestrial body
die **Erdkruste** earth's crust
die **Erdkunde** geography
erdmagnetisch *adj.* of (belonging to) terrestrial magnetism
die **Erdmasse** mass of earth
der **Erdmittelpunkt** center of the earth
die **Erdoberfläche** surface of the earth
die **Erdperiode** terrestrial period
der **Erdraum** terrestrial space
die **Erdrinde** earth's crust
erdröhnen *w.* resound
erdrücken *w.* smother, press down
die **Erdspalte** crack in the ground
der **Erdstoß** seismic shock
die **Erdwissenschaft** geology
ereignen *w. refl.* happen, take place
das **Ereignis** event, occurrence
erfahren *str.* experience, undergo, find out, learn
die **Erfahrung** experience
erfassen *w.* take hold of, comprise
erfinden *str.* invent
der **Erfinder** inventor
die **Erfindung** invention
der **Erfolg** success
erfolgen *w.* take place, result
erfolglos *adj.* unsuccessful
erfolgreich *adj.* successful
erforderlich *adj.* requisite, necessary, required
erfordern *w.* require

erforschen *w.* investigate, explore, find out
die **Erforschung** exploration, research
erfreuen *w. refl.* rejoice in, enjoy
erfüllen *w.* fulfill, fill up
die **Erfüllung** fulfillment
die **Ergänzung** supplement
ergeben *str.* show, prove; *refl.* become evident, result, prove to be
das **Ergebnis** result
die **Ergebung** resignation
ergießen *str. refl.* pour forth, flow, spread
erglänzen *w.* shine forth, beam
ergossen *see* **ergießen**
die **Ergreifung** adoption
ergründen *w.* ascertain
erhaben *adj.* sublime
erhalten *str.* obtain; *refl.* be preserved, survive
die **Erhaltung** preservation
erheben *str.* raise; *refl.* rise
erheblich *adj.* considerable
die **Erhebung** upheaval
erhellen *w.* appear, be obvious
erhitzen *w.* heat
das **Erhitzen** heating, calorification
erhöhen *w.* raise, increase
die **Erhöhung** elevation
erinnern *w.* remind, recall; *refl.* remember
erkalten *w.* grow cold
erkannt *see* **erkennen**
erkennbar *adj.* recognizable
erkennen *irr.* recognize
das **Erkennen** recognition, discernment
die **Erkenntnis** knowledge, perception, understanding
die **Erkennung** recognition
das **Erkennungsmittel** means of recognition
das **Erkennungszeichen** sign of recognition, distinctive mark
erklären *w.* explain, declare . . . to be
erklärlich *adj.* explicable
die **Erklärung** explanation
der **Erklärungsversuch** attempt at explanation
erklimmen *str.* climb up, reach, attain
erlangen *w.* obtain
erlauben *w.* permit
die **Erläuterung** elucidation
erleichtern *w.* facilitate
die **Erleichterung** facilitation, alleviation, ease
erleiden *str.* suffer, undergo, meet with
erlernen *w.* learn, acquire
erlitten *see* **erleiden**
erloschen *adj.* extinct
erlöschen *str.* go out, be extinguished
ermäßigen *w.* moderate
ermitteln *w.* ascertain
die **Ermittelung** ascertainment
ermöglichen *w.* render possible
die **Ermüdung** fatigue
ermuntern *w.* encourage
die **Ernährung** nutrition, nourishment
die **Ernennung** appointment, promotion
erneuen *w.* renew
erneut *adj.* renewed
die **Erniedrigung** lowering, descent
ernst *adj.* serious
ernstlich *adv.* seriously
die **Ernte** harvest

das **Eroberungsreich** conquered empire
eröffnen *w.* open; *refl.* be opened
erörtern *w.* discuss, argue
erproben *w.* test, put to the test
erregen *w.* cause, produce
die **Erregung** provocation, excitement
erreichen *w.* reach, attain, obtain
die **Erreichung** attainment
errichten *w.* establish, erect
erringen *str.* obtain (by a great effort)
die **Errungenschaft** achievement
der **Ersatz** compensation, equivalent
erscheinen *str.* appear
die **Erscheinung** phenomenon
die **Erscheinungsweise** manifestation
erschlaffen *w.* relax
erschlagen *str.* slay, strike down, kill
der **Erschlagene** person slain
erschöpfen *w.* exhaust
erschrecken *w. trans.* frighten; *str. intr.* be frightened
erschreckenerregend *adv.* frightfully
erschrocken *adj.* terrified
erschüttern *w.* shake, convulse
erschütternd *adj.* affecting, stirring
die **Erschütterung** violent motion, convulsion
erschweren *w.* render difficult
ersehen *str.* learn, determine
ersetzen *w.* replace, take the place of
ersinnen *str.* devise
ersparen *w.* spare, save
die **Ersparung** economy
erst *adj.* first; **der erstere** the former; *adv.* first, at first
erstarren *w.* congeal
die **Erstarrung** congelation, torpidity
die **Erstarrungskruste** torpid crust
die **Erstarrungsmasse** congealed mass (volume)
erstaunlich *adj.* astonishing
erstehen *irr.* arise
zum **erstenmale** for the first time
ersticken *w.* choke, suffocate, stifle
erstrecken *w. refl.* extend
der **Ertrag** returns
ertragen *str.* bear, support
der **Eruptionskegel** eruption cone
erwachsen *str.* grow up
erwachsen *adj.* grown up, adult; **der Erwachsene** adult
erwähnen *w.* mention, refer to
erwähnenswerth *adj.* worth mentioning
die **Erwähnung** mention, notice
erwärmen *w.* warm, heat
die **Erwärmung** warming, calefaction
erwarten *w.* expect, expect to see
erwecken *w.* awaken, arouse
erweisen *str. refl.* prove to be
erweitern *w.* enlarge, extend, expand
das **Erweitern** enlargement
der **Erwerb** acquisition, profit, returns
erwerben *str.* acquire
der **Erwerbstrieb** impulse to acquire
der **Erwerbszweck** aim (purpose) to acquire
erzählen *w.* relate

erzeugen *w.* produce
die **Erzeugung** production, generation
erziehen *str.* educate
die **Erziehung** education
erzielen *w.* aim at, attain
die **Erzielung** attainment
das **Erzittern** trembling
es it; *cf. note to page* **14** 2
der **Esel** ass
die **Esse** chimney, smokestack
essen *str.* eat
etwa *adv.* possibly, perhaps, about
etwas *indef. pron.* something
ewig *adj.* eternal
die **Ewigkeit** eternity
das **Excenter** eccentric
die **Excenterscheibe** eccentric
die **Excentrizität** eccentricity
die **Expansionskraft** power of expansion

F

die **Fabelei** fabulous account
fabeln *w.* tell stories
die **Fabrik** factory, mill
die **Fabrikanlage** manufacturing plant
der **Fabrikant** manufacturer
der **Fabrikarbeiter** factory worker
die **Fabrikgegend** manufacturing district
die **Fabrikstadt** factory town
der **Faden** thread
fähig *adj.* capable
die **Fähigkeit** ability, fitness, capacity
die **Fahne** flag
fahren *str.* go, descend, drive
die **Fahrgeschwindigkeit** (running) speed
die **Fahrt** trip, journey
faktisch *adj.* real
der **Fall** fall; case
fallen *str.* fall; date from; **fallen . . . auf** strike; **fallen . . . zusammen** coincide
das **Fallen** sinking
falls *conj.* if, in case that, provided that
falsch *adj.* false, incorrect; *adv.* erroneously
falten *w.* fold
die **Faltung** folding
das **Familienleben** family life
die **Familienwirtschaft** domestic management, housekeeping
fangen *str.* catch, capture
die **Farbe** color
färben *w.* dye, color, stain
die **Farbenblindheit** color blindness
die **Farbenempfindung** color sensation
der **Farbenton** tone (of colors), hue
farblos *adj.* colorless
der **Farbstoff** coloring matter
die **Färbung** coloring
die **Faser** fiber
das **Fäserchen** small fiber
faßbar *adj.* comprehensible
fassen *w.* seize, comprehend; **den Entschluß fassen** decide, determine
fast *adv.* almost, nearly
die **Feder** feather, pen, plume
fehlen *w.* be lacking
der **Fehler** mistake, error, defect
fehlgreifend *adj.* erring, mistaken
feiern *w.* celebrate
fein *adj.* fine, delicate
feindselig *adj.* hostile

feinschieferig *adj.* of fine slate, schistous
das **Feld** field
der **Feldspat** feldspar
der **Fels** rock
der **Felsblock** bowlder
die **Felsmasse** mass of rocks
die **Felsmauer** rocky wall
das **Fenster** window
die **Fensterscheibe** window pane
fern *adj.* far, distant; *comp.* **ferner** further, additional, *adv.* furthermore
die **Ferne** distance
das **Fernrohr** telescope, field glass
fernsichtig *adj.* farsighted
die **Fernsichtigkeit** farsightedness
fernstehend *adj.* remote, removed from
fertig *adj.* ready, finished, completed
fertigen *w.* make
die **Fertigkeit** skill, dexterity
fertigstellen *w.* get ready, complete
fesseln *w.* enchain, subdue
fest *adj.* firm, solid
festgewachsen *adj.* firmly (solidly) grown
festhalten *str.* hold fast, retain, adhere
die **Festigkeit** firmness, stability
das **Festland** mainland
festmachen *w.* fasten, attach
festsetzen *w.* establish, lay down
feststellen *w.* establish
das **Fett** fat, fatty substance
die **Fettmasse** mass of fat
feucht *adj.* moist, humid
die **Feuchtigkeit** humidity
der **Feuchtigkeitsgehalt** amount of humidity
der **Feudaladel** feudal nobility
das **Feuer** fire
die **Feuererscheinung** fiery phenomenon
feuerflüssig *adj.* like a stream of fire
die **Feuerluft** fire-air, inflammable gas
die **Feuermasse** mass of fire
der **Feuerraum** fire box
das **Feuerrohr** firelock
die **Feuersäule** pillar of fire
die **Feuerstätte** fire box
der **Feuerstrahl** stream (volume) of fire
die **Feuerung** fuel
der **Filter** filter
das **Filtrierpapier** filtering paper
finden *str.* find; *refl.* be found
der **Finger** finger
das **Fingergelenk** knuckle
finster *adj.* dark, gloomy, dismal
die **Firma** firm (business house)
der **Fisch** fish
der **Fischfang** fishing
flach *adj.* flat
die **Fläche** surface
die **Flächenausdehnung** expansion of the surface
flächenhaft *adj.* like (in the shape of) a plain
der **Flächenraum** area
das **Flämmchen** little flame
die **Flamme** flame
der **Fleck** spot
das **Fleisch** meat, flesh
die **Fleischkost** meat diet
der **Fleiß** industry, assiduity
fleißig *adj.* industrious
fließen *str.* flow

der **Flintenschuß** gun (musket) shot
flüchtig *adj.* fugitive, hasty
der **Flügel** lobe (of the lungs)
der **Fluß** river; fusion
flüssig *adj.* liquid, fluid
die **Flüssigkeit** fluid, liquidity
die **Folge** consequence; **in der Folge** afterwards, henceforth
folgen *w.* follow
folgendermaßen *adv.* in the following manner
folgern *w.* infer, conclude
die **Folgerung** consequence, inference
fontänenartig *adj.* like a fountain
fordern *w.* require
fördern *w.* further, promote
die **Form** form, shape
die **Formel** formula
formen *w.* form
formenreich *adj.* of many forms
förmig *adj.* shaped
förmlich *adj.* real, veritable
die **Formulierung** formulation
die **Formveränderung** change of form
der **Forscher** investigator
die **Forschung** research
der **Forschungszweck** purpose of research
die **Forstwirtschaft** forest culture
die **Fortbewegung** locomotion, progression
die **Fortbildungsschule** continuation school
die **Fortdauer** continuation
fortdauern *w.* continue
fortdauernd *adj.* continuous
fortführen *w.* carry on (along), move on (along)
fortgehen *irr.* pass on (off), go away, proceed
fortgeschritten *see* **fortschreiten**
fortnehmen *str.* take away
fortpflanzen *w.* propagate, transmit
die **Fortpflanzung** propagation, transmission
die **Fortpflanzungsgeschwindigkeit** rapidity of transmission
fortschreiten *str.* progress
fortschreitend *adj.* progressive
der **Fortschritt** progress; *pl.* advancements
fortsetzen *w.* continue
fortsprengen *w.* blow up
fortwährend *adj.* continuous
fortwälzen *w.* roll away
das **Frachtgut** freight, cargo
die **Frage** question
fragen *w.* ask (a question), inquire, question; **es fragt sich** the question is
fraglich *adj.* in question, concerned
das **Frankreich** France
der **Franzose** Frenchman
französisch *adj.* French
die **Frau** woman
die **Frauenarbeit** work of women
frei *adj.* free, open; **sich frei machen** free one's self, get rid; **frei werden** be liberated
die **Freiheit** freedom, liberty
freilich *adv.* of course
die **Freizügigkeit** freedom to move (from one place to another)
fremd *adj.* foreign, of others, strange, unknown; **der Fremde** foreigner
das **Fremdwort** foreign word

die **Freude** joy
der **Freund** friend, fond of
freundlich *adj.* friendly
der **Friede(n)** peace
friedlich *adj.* peaceful
die **Friedrichsstraße** Frederick Street
frieren *str.* feel cold
das **Friktionsrad** friction wheel
frisch *adj.* fresh, recent, new
frischgebildet *adj.* newly formed
fromm *adj.* pious
die **Fronleistung** compulsory (unpaid) labor
der **Frosch** frog
die **Froschkeule** frog's leg
der **Froschschenkel** frog's leg
der **Frostpunkt** freezing point
die **Frucht** fruit
fruchtbar *adj.* fertile
früh *adj.* early; *comp. also* former
frühzeitig *adv.* at an early (remote) time
fügen *w.* join (together), add
fühlen *w.* feel
führen *w.* lead, conduct, draw, move, carry on
der **Führer** leader, guide
füllen *w.* fill
das **Fundament** foundation
der **Fundamentalversuch** fundamental experiment
fünf *num.* five
fünfwertig *adj.* pentavalent
fünfzehnt *adj.* fifteenth
fungieren *w.* act
der **Funke** spark
funktionieren *w.* act
für *prep. with acc.* for
die **Furcht** fear
furchtbar *adj.* fearful
fürchten *w.* fear
fürchterlich *adj.* frightful
furchterregend *adj.* causing fear, terrible
furchtsam *adj.* timid
der **Fürst** prince, ruler
der **Fuß** foot, footing
die **Fußsohle** sole of the foot

G

gäbe *see* **geben**
gabeln *w. refl.* bifurcate
der **Gang** course, movement; vein, lode
ganz *adj.* whole, entire; **das Ganze** the whole (structure); **die ganzen** all; **im Ganzen** on the whole
gänzlich *adj.* entire
gar *adv.* fully, even; **gar nicht** not at all
das **Gären** fermentation, agitation
die **Gärung** fermentation, agitation
das **Gas** gas
die **Gasart** kind of gas
gasartig *adj.* gaseous
die **Gasentwickelung** production of gas
gasförmig *adj.* gaseous
die **Gaslinie** gas line
der **Gaswechsel** exchange of gas
die **Gattin** wife
gebahnt *adj.* opened up (as a street)
gebären *str.* give birth to; **geboren** born
das **Gebäude** building
geben *str.* give; **es gibt** there is, there are; **es hat gegeben** there has (have) been; **es gäbe** there might be; **sich zu erkennen geben** make one's self known

das **Gebiet** domain, sphere, field
das **Gebilde** formation
die **Gebildeten** *pl.* educated people
die **Gebirgsbahn** mountain railroad
die **Gebirgsbildung** mountainous formation
die **Gebirgskette** mountain range
die **Gebirgslokomotive** mountain engine
die **Gebirgsschicht** mountain stratum
das **Gebirgssystem** mountain system
die **Gebirgsübersteigung** crossing of mountains
gebogen *adj.* bent
geboren *see* **gebären**
das **Gebot** command, disposal; **zu Gebote stehen** be at one's disposal, be available
gebracht *see* **bringen**
der **Gebrauch** custom, use, usage, employment; **in Gebrauch sein** be used
gebrauchen *w.* use, make use of
gebräuchlich *adj.* in use, usual
das **Gebrülle** bellowing, roaring
gebunden *see* **binden**
die **Gebundenheit** restraint, subjection
die **Geburt** birth
das **Geburtshaus** house of birth
die **Geburtsstätte** place of origin
das **Gedächtnis** memory, remembrance
der **Gedanke** thought, idea
das **Gedeihen** prosperity, growth
gedrängt *adj.* concise
geeignet *adj.* apt, adapted, suitable
die **Gefahr** danger
gefahrbringend *adj.* causing danger
gefährlich *adj.* dangerous
das **Gefäß** vessel, receptacle
gefestigt *adj.* firm, solid
das **Gefild(e)** fields, open country
die **Gefolgsleute** *pl.* vassals, retainers
der **Gefrierpunkt** freezing point
gefügig *adj.* pliable, tractable
das **Gefühl** feeling, sentiment
die **Gefühlswelt** realm of sentiment
gegangen *see* **gehen**
gegeben *see* **geben**
gegen *prep. with acc.* towards, against, in exchange for
die **Gegend** region
das **Gegengewicht** counterweight
die **Gegenkraft** counter force
die **Gegenmaßregel** preventive measure
der **Gegensatz** opposition, contrast
gegenseitig *adj.* mutual, reciprocal
der **Gegenstand** object
im **Gegenteil** on the contrary
gegenüber *adv.* opposite; *prep. with dat.* opposite to, compared with, in the face of
gegenüberstehen *irr.* confront, face
die **Gegenwart** presence
gegenwärtig *adj.* present; *adv.* at present, now
gegraben *see* **graben**
gegründet *adj.* well founded
der **Gehalt** contents, proportion, yield; volume
das **Gehäuse** binnacle, box
die **Geheimlehre** esoteric doctrine
das **Geheimnis** secret, mystery
geheimnisvoll *adj.* mysterious
das **Geheiß** command

gehen *irr.* go; **gehen zu** proceed toward; **es geht** it works, it will do; **vor sich gehen** take place
das **Gehirn** brain
gehoben *adj.* lifted up
gehorchen *w.* obey
gehören *w.* belong
der **Geist** mind, spirit, intellect
geistig *adj.* intellectual
der **Geistliche** clergyman
die **Geistlichkeit** clergy
geistlos *adj.* spiritless, dull
geistreich *adj.* ingenious
gekannt *see* **kennen**
gekocht *adj.* cooked
gekrümmt *adj.* bent, curved
geladen *adj.* charged
gelang *see* **gelingen**
gelangen *w.* (**zu**) reach, (**in**) arrive (at)
gelangt *adj.* having arrived
gelb *adj.* yellow
gelblich *adj.* yellowish
das **Geldgeschäft** money transaction
das **Geldkapital** financial capital
der **Geldlohnarbeiterstand** wage earners
die **Geldsteuer** taxes
das **Geldwesen** money affairs, monetary system
die **Geldwirtschaft** financial management
gelegen *adj.* situated
gelegentlich *adj.* occasional
gelegt *adj.* placed, laid
gelehrt *adj.* learned; **der Gelehrte** scholar
die **Gelehrtenwelt** world of science and literature
das **Geleise** track
geleistet *see* **leisten**
geliefert *adj.* furnished, supplied, delivered
gelind *adj.* light, slight
gelingen *str., impers. with dat.* succeed; **sind gelungen** have succeeded
gelingend *adj.* successful
das **Gelispel** lisping
gelten *str.* be of value, be valid, be accepted, hold true; **gelten für** pass for, be considered as
die **Geltung** validity; **Geltung haben** be of some account
gelungen *see* **gelingen**
gelungenst *adj.* most successful
das **Gelüste** desire, appetite
gemein *adj.* common, ordinary, everyday
die **Gemeinde** community, parish
der **Gemeindebeamte** parish officer
der **Gemeindedienst** parish service
die **Gemeindeverwaltung** board of local administration
gemeinsam *adj.* common, joint
die **Gemeinschaft** connection, companionship
gemeinschaftlich *adj.* common, joint
gemeinverständlich *adj.* popular, intelligible to the common folk
das **Gemenge** mixture
gemengt *adj.* mixed
gemessen *see* **messen**
gemindert *adj.* lessened, diminished
das **Gemisch** mixture, alligation
das **Gemüse** vegetables
das **Gemüt** mind, soul, heart
die **Gemütlichkeit** joviality; **in Gemütlichkeit** at ease

die **Gemütsbewegung** emotion, excitement
gen = **gegen**
genannt *adj.* aforementioned; **der Genannte** person named before, aforementioned person
genau *adj.* exact, accurate, careful
die **Genauigkeit** accuracy
geneigt *adj.* inclined
Genf Geneva
genial *adj.* ingenious
das **Genie** genius
genießen *str.* enjoy, eat, consume
genommen *adj.* understood
der **Genosse** colleague
genossen *adj.* enjoyed, taken, consumed
die **Genossenschaft** association, co-operative society
genug *adv.* enough
die **Genüge** sufficiency; **Genüge t(h)un** satisfy
genügen *w.* suffice
genügend *adj.* sufficient, satisfactory
die **Genugthuung** satisfaction
das **Genußmittel** means of enjoyment
geordnet *adj.* orderly, systematic
gepflegt *adj.* cultivated
das **Gepräge** imprint, stamp, feature
gepreßt *adj.* pressed out
gerade *adj.* straight; *adv.* exactly, just, purposely
geradezu *adv.* straightway
das **Gerassel** clanking, clashing, rattle
das **Gerät(e)** furniture, implements
die **Geräteschaffung** manufacture of household goods
gerat(h)en *str.* get into, fall into
geräumig *adj.* spacious, extensive
das **Geräusch** noise
geräuschlos *adj.* noiseless
geräuschvoll *adj.* noisy, boisterous
gerecht *adj.* just
gerechtfertigt *adj.* justified
gerichtet *adj.* turned
gerieben *adj.* rubbed, frictionized
gering *adj.* insignificant, little, small; **um ein Geringes** for a trifle; *comp.* **geringer** less; *sup.* **geringst** least
geringfügig *adj.* insignificant, trivial
gern(e) *adv.* gladly
das **Geröll(e)** rubble (stones), bowlders
der **Geruch** odor
gerückt *see* **rücken**
gesamt *adj.* whole, total
das **Gesamtbild** entire picture, general view
die **Gesamteinnahme** total receipts, total income
die **Gesamterhaltung** entire preservation, general maintenance
das **Gesamtgewicht** total weight
die **Gesamtheit** totality
die **Gesamtwirkung** total action, general effect
der **Gesandte** ambassador
die **Gesandtschaft** embassy
geschaffen *adj.* created
das **Geschäft** business; **der Geschäfte Machende** tradesman
geschäftlich *adj.* commercial
die **Geschäftslage** state of the market
geschehen *str. impers.* happen, occur, be done

die **Geschichte** history, story
geschichtet *adj.* stratified
geschichtlich *adj.* historical
das **Geschick** skill
die **Geschicklichkeit** skill
geschickt *adj.* clever
das **Geschilderte** that which has been described
geschlagen *see* **schlagen**
das **Geschlecht** race, species, stock
geschlossen *adj.* ended, concluded; *past part.*, *see* **schließen**
der **Geschmack** taste
geschmolzen *adj.* molten
geschoben *see* **schieben**
das **Geschöpf** creature
das **Geschoß** story, floor, flat
geschult *adj.* instructed, trained
geschützt *adj.* protected
geschwängert *adj.* saturated
geschweige *adv.* *and conj.* much less, let alone
die **Geschwindigkeit** velocity, speed
gesellen *w. refl.* **(zu)** join
die **Gesellschaft** society
gesellschaftlich *adj.* social
die **Gesellschaftseinrichtung** social institution, social organization
die **Gesellschaftsordnung** social order
das **Gesetz** law
die **Gesetzgebung** legislation
gesetzmäßig *adj.* lawful, legitimate, according to the laws of nature
die **Gesetzmäßigkeit** lawfulness
gesichert *adj.* assured, safe
das **Gesicht** face; **zu Gesicht kommen** be perceived, be noticed
der **Gesichtspunkt** point of view
die **Gesinnung** opinion
gesitteter *adj.* of higher moral principles
die **Gesittung** civilization
gesondert *adj.* separated
gespannt *adj.* stretched, extended; **höher gespannt** of increased tension
gespeist *adj.* fed
gesprengt *adj.* blasted
die **Gestalt** shape
gestalten *w. refl.* assume a shape
gestaltet *adj.* shaped
die **Gestaltung** formation, configuration
gestatten *w.* permit
gesteigert *adj.* increased
das **Gestein** rocks
der **Gesteinsabdruck** impression on stone
der **Gesteinscharacter** character of rocky formations
die **Gesteinskunde** petrology
die **Gesteinsmasse** mass of rocks
das **Gesteinsmaterial** rocky substance
die **Gesteinsschale** layer of rocks
die **Gesteinsschicht(e)** layer of rocks
die **Gesteinstrümmer** *pl.* fragments of rocks
die **Gesteinsvarietät** variety of rocks
der **Gesteintypus** rocky type
das **Gestell** stand, frame, horse
gestellt *adj.* made, placed, put
gestern *adv.* yesterday
das **Gestirn** constellation
gestört *adj.* disturbed
gestützt *see* **stützen**

gesund *adj.* sound, healthy
die **Gesundheit** health
die **Gesundheitspflege** care of the health
geteilt *adj.* divided, graduated
das **Getöse** uproar
getötet *see* **töten**
das **Getränk** beverage
getrauen *w. refl.* dare, venture
getrennt *adj.* separated
das **Getriebe** work, mechanism
getrieben *adj.* driven
getroffen *adj.* affected, struck
getrost *adv.* cheerfully
die **Geviertmeile** square mile
gewachsen *adj.* grown ; **fest gewachsen** having taken firm root
gewahren *w.* perceive
gewähren *w.* afford, accord, present
die **Gewalt** force, power, violence; **in der Gewalt haben** have full power over
gewaltig *adj.* powerful
gewaltsam *adj.* violent
gewandt *see* **wenden**
das **Gewebe** tissue
die **Gewebeindustrie** textile industry
das **Gewerbe** trade, industry
die **Gewerbeschule** trade school, technical school
der **Gewerbtreibende** tradesman
die **Gewerkschaftsorganisation** trade-union
das **Gewicht** weight
die **Gewichtseinheit** unit of weight
die **Gewichtsmenge** amount of the weight
das **Gewichtssystem** system of weights
der **Gewichtsteil** part of the weight
das **Gewichtsverhältnis** proportion of (as to) weight
der **Gewinn** gain, profit
gewinnen *str.* gain, arrive at
die **Gewinnung** extraction
gewiß *adj.* certain
das **Gewissen** conscience
gewissenhaft *adj.* conscientious
die **Gewissenhaftigkeit** conscientiousness
gewissermaßen *adv.* in a certain sense, to a certain degree
die **Gewißheit** certainty
das **Gewitter** thunderstorm
die **Gewitterwolke** thundercloud
gewöhnen *w. refl.* get used to, become accustomed
die **Gewohnheit** custom, tradition
gewöhnlich *adj.* common, ordinary, everyday
gewöhnt *adj.* accustomed
gewölbt *adj.* vaulted, arched
gewonnen *adj.* gained, obtained
geworden *see* **werden**
geworfen *see* **werfen**
das **Gewürz** spice
gewußt *see* **wissen**
gezimmert *adj.* framed
gezogen *adj.* having moved, drawn; *past part.*, *see* **ziehen**
gezwungen *see* **zwingen**
gießen *str.* pour
das **Gift** poison
ging *see* **gehen**
der **Gipfel** top, peak
der **Gipfelkrater** top crater
der **Gips** gypsum
der **Glanz** luster, brilliancy, splendor

glänzen *w.* glitter, shine, be famous
glänzend *adj.* brilliant
das **Glas** glass
das **Gläschen** little glass
der **Glasdeckel** glass cover
gläsern *adj.* glassy, vitreous
die **Glasglocke** glass jar, bell glass
glashell *adj.* transparent as glass
glasig *adj.* glassy
der **Glaskörper** vitreous humor
die **Glasmasse** mass of glass
die **Glasretorte** glass retort
das **Glasröhrchen** small glass tube
die **Glasröhre** glass tube
die **Glasscheibe** pane of glass
die **Glasstange** bar (rod) of glass
glatt *adj.* smooth
glauben *w.* believe
der **Glaube(n)** belief, faith
gleich *adj.* like, the same; **ohne gleichen** without an equal, unique; *adv.* equally, (*for* **sogleich**) at once
gleichalterig *adj.* of the same age, coeval
gleichbleibend *adj.* constant, invariable
gleichen *str.* resemble
gleichfalls *adv.* likewise
gleichförmig *adj.* uniform
die **Gleichförmigkeit** uniformity
das **Gleichgewicht** equilibrium
der **Gleichgewichtszustand** state of equilibrium
gleichgroß *adj.* of equal size
gleichkommen *str.* equal
gleichmäßig *adj.* equable, even, uniform
die **Gleichmäßigkeit** evenness, uniformity (of motion)
gleichnamig *adj.* like
gleichsam *adv.* as it were, so to speak
gleichteilig *adj.* in (with) equal parts
gleichviel *adv.* all the same; **gleichviel ob** no matter if; **gleichviel wie** no matter how
gleichwohl *adv.* nevertheless
gleichzeitig *adj.* simultaneous
gleiten *str.* slide
glich *see* **gleichen**
das **Glied** member
gliedern *w.* divide, classify
glimmend *adj.* glimmering
der **Glimmer** muscovite
das **Glöckchen** small bell
die **Glocke** (= **Glasglocke**) glass jar, bell glass
das **Glück** fortune, good luck
glückbringend *adj.* auspicious
glücklich *adj.* fortunate, happy, successful
das **Glücksgefühl** feeling of happiness
glühen *w.* *tr.* make red-hot; *intr.* glow
das **Glühen** glow, red heat
der **Glühpunkt** glowing point
die **Glut** blazing heat
glutflüssig *adj.* of fiery liquid
das **Gold** gold
der **Gott** God
gottesfürchtig *adj.* God-fearing
die **Gottheit** divinity
göttlich *adj.* divine
graben *str.* dig
der **Grad** degree
der **Gradbogen** graduated arc
der **Gradunterschied** difference in degrees

der **Graf** count
der **Granit** granite
gräßlich *adj.* frightful
grau *adj.* gray
das **Gravitationsgesetz** law of gravitation
graziös *adj.* graceful
greifbar *adj.* tangible
greifen *str.* seize; **Platz greifen** gain ground
greifend *adj.* reaching
grelleuchtend *adj.* with glaring colors
die **Grenze** border, limit
das **Grenzgebiet** border, confines, frontier
der **Grenzpunkt** extreme point
der **Grieche** Greek
griechisch *adj.* Greek
der **Griffel** stylus, slate pencil
grob *adj.* (*comp.* ⁼er, *sup.* ⁼st) coarse; evident
grobkörnig *adj.* coarse-grained
das **Grollen** claps of thunder
groß *adj.* (*comp.* ⁼er, *sup.* ⁼t) great, large; **im großen ganzen** upon the whole; **am größten** the greatest; **zum größten Teil** chiefly
großartig *adj.* grand, sublime, imposing
die **Großartigkeit** grandeur
die **Größe** size, magnitude
großenteils *adv.* to a great extent
die **Großindustrie** wholesale manufacture
die **Großmutter** grandmother
der **Großpächter** leaseholder, tenant on a large scale
die **Großtechnik** technical science on a large scale
größtmöglich *adj.* as great as possible
die **Großunternehmung** extensive enterprise
der **Großvater** grandfather
der **Großverkehr** wholesale trade
das **Grübeln** brooding
grün *adj.* green
der **Grund** ground, bottom; reason, cause, basis; **auf Grund** on account of; **zu Grunde gehen** perish
gründen *w.* found, establish
der **Gründer** founder
die **Grundform** primitive form, type
das **Grundgebirge** primitive rocks
die **Grundherrschaft** landlordism, territorial ownership
die **Grundlage** foundation, basis
gründlich *adj.* thorough
das **Grundprinzip** principle
die **Grundrente** ground rent
der **Grundsatz** principle
grundsätzlich *adv.* systematically
der **Grundstoff** elementary substance, radical
die **Gründung** foundation
der **Grundzug** characteristic feature
die **Gruppe** group
gruppieren *w.* group together
die **Gruppierung** grouping
gültig *adj.* valid
günstig *adj.* favorable, advantageous
der **Gürtel** belt
gut *adj.* good; *adv.* well
das **Gut** property; *pl.* possessions, goods, freight, merchandise
gutleitend *adj.* good-conducting

H

das **Haargefäß** capillary
die **Habsucht** avarice
das **Hagelwetter** hailstorm
halb *adj.* half
halber *prep. with gen., following the noun*, on account of
das **Halbkulturvolk** semicivilized nation
der **Halbleiter** imperfect conductor
halböffentlich *adj.* semipublic
die **Hälfte** half
der **Hals** neck
der **Halt** support, mainstay
halten *str.* hold; **halten für** consider; **Schritt halten** keep pace; **die Wage halten** counterbalance, be as valuable as
der **Hammer** hammer
die **Hand** hand; **Hand in Hand gehen** occur at the same time, walk hand in hand, work together; **in der Hand haben** have in one's power; **in die Hand geben** provide, suggest; **zur Hand nehmen** consider
die **Handarbeit** manual labor
der **Handel** commerce, business, trade
handeln *w.* act; **es handelt sich** the question is
das **Handeln** action
die **Handelstätigkeit** commercial activity
der **Handgriff** handle, haft; manipulation
handhaben *w.* handle, manipulate
der **Händler** trader
das **Handwerk** handicraft, trade
der **Handwerker** craftsman, workman
das **Handwerkszeug** set of tools
hanfen *adj.* hempen
hangen *str. intr.* hang, be suspended (attached)
hängen . . . zusammen *see* **zusammenhängen**
hängend *adj.* suspended
hart *adj.* hard
die **Härte** hardness
das **Harz** resin
der **Harzstab** rod (bar) of resin
der **Haß** hatred
das **Häufchen** little heap
häufig *adj.* frequent; *sup. adv.* **am häufigsten** most frequently
die **Häufigkeit** frequency
das **Haupt** head
die **Hauptarbeit** main work
die **Hauptaufgabe** main task
der **Hauptbestandteil** chief component part
das **Hauptergebnis** main result
die **Hauptgruppe** main group
das **Haupthindernis** main obstacle
das **Hauptinstrument** chief instrument
der **Hauptkegel** main cone
der **Hauptpunkt** chief point
die **Hauptsache** main thing
hauptsächlich *adj.* principal
das **Hauptstück** principal piece
der **Hauptteil** main part
das **Haus** house; **nach Hause** home(wards); **zu Hause** at home
der **Hausbau** house building
der **Hausbedarf** household requisites
hausdick *adj.* as thick (large) as a house

das **Hausgerät** furniture
der **Haushalt** household, domestic establishment
das **Haushaltbudget** domestic-expense fund
haushalten *str.* keep house; manage to get along
die **Hausindustrie** home industry
der **Hausindustrielle** home (indoor) worker
die **Hauswirtschaft** management of the home
die **Haut** hide, skin; membrane
häutig *adj.* membranous
der **Hautring** annular membrane
die **Hautschicht** membranous layer
der **Hebel** lever
der **Hebelarm** arm of a lever
heben *str.* raise; *refl.* rise
die **Hebung** lifting, elevation
die **Hebungsarbeit** work of lifting
das **Heer** army
die **Heerlagerstätte** camping place of an army
heftig *adj.* violent, fierce
die **Heftigkeit** violence
die **Heilkunst** healing (medical) art
das **Heilmittel** remedy, medical drug
die **Heimat** home
heimsuchen *w.* visit
heiß *adj.* hot
heißen *str. trans.* call; *intr.* be called; **das heißt (d. h.)** that is
der **Heißluftmotor** caloric motor
heizbar *adj.* easily heated, heatable
die **Heizfläche** heating (generating) surface
die **Heizwärme** heat
hell *adj.* bright, clear, light
hellblau *adj.* light blue
hellenistisch *adj.* Hellenistic (Greek)
hellgefärbt *adj.* bright-colored, light-colored
hellglänzend *adj.* of a bright luster
hemmen *w.* impede, check; *refl.* be stopped
das **Hemmnis** obstruction, hindrance
her *adv.* hither, here; *cf. note to page* **13** 2
herab *adv.* down
herabbrausen *w.* crash down
herabdrücken *w.* press down
herabfahren *str.* descend
herabhängen *str.* hang down, droop
herabholen *w.* fetch down
herableiten *w.* conduct down
herabsinken *str.* sink; become degraded
herabstürzen *w.* rush down, be precipitated
die **Heranbildung** training, education
heranführen *w.* move on (forward)
das **Herannahen** approach
herauf *adv.* up, upwards
heraus *adv.* out, forth
herauskommen *str.* come out, get free
herauslesen *str.* (**aus**) read out of
herausschießen *str.* shoot forth
heraustreiben *str.* drive out, expel
heraustreten *str.* come forth
herauswählen *w.* select
herausziehen *str.* draw out
herbeiführen *w.* bring about, produce, cause

hereinbrechend *adj.* breaking (bursting) forth
hergeben *str.* furnish
hergebracht *adj.* handed down, transmitted
herkommen *str.* come, descend, be descended
hernach *adv.* afterwards
hernieder *adv.* down
der **Herr** master, lord; **Herr werden** *with gen.* overcome
der **Herrgott** the Lord
herrlich *adj.* splendid, glorious
die **Herrschaft** authority, power; **die Herrschaft behalten** retain one's power
herrschaftlich *adj.* domineering, lordly
die **Herrschaftsgewalt** ruling power
herrschen *w.* rule, prevail
herrühren *w.* arise, originate
herrührend *adj.* resulting
herstellen *w.* produce
die **Herstellung** making, manufacture
herunter *adv.* down
herunterfallen *str.* fall down
heruntergehen *irr.* go down, drop
hervorbrachten *see* **hervorbringen**
hervorbrechen *str.* break forth
das **Hervorbrechen** bursting forth
hervorbringen *irr.* cause, produce
hervorgehen *irr.* go forth, proceed, result
hervorlocken *w.* elicit, entice forth
hervorragend *adj.* prominent, projecting
die **Hervorragung** prominence, projection
hervorrufen *str.* call forth, produce
hervortreten *str.* appear, be evident
hervortritt *see* **hervortreten**
das **Herz** heart
die **Herzensgüte** kind-heartedness
die **Herzenshälfte** half of the heart
die **Herzklappe** cardiac valve
herzlich *adj.* cordial
der **Herzmuskel** cardiac muscle
der **Herzraum** cardiac region
der **Herzschlag** palpitation of the heart
der **Herzstoß** pulsation of the heart
die **Hetze** hunting, hot pursuit
der **Hetzer** agitator
heucheln *w.* feign, pretend to (feel)
heute *adv.* to-day
heutig *adj.* of this date, present
heutzutage *adv.* nowadays
hier *adv.* here
hieran *adv.* to this, with this
hierauf *adv.* hereon, on it (that)
hierbei *adv.* here, at the same time, on this occasion
hierdurch *adv.* hereby, through this
hiermit *adv.* with it
hierzu *adv.* for this purpose
die **Hilfe (Hülfe)** help, aid, resource
das **Hilfsmittel (Hülfsmittel)** resource, expedient, remedy
der **Himmel** heaven, sky
die **Himmelsgegend** quarter of the heavens
das **Himmelsgewölbe** canopy of heaven, celestial vault
die **Himmelsrichtung** quarter of the heavens

hin *adv.* thither, there; *cf. note to page* **13** 2; *sometimes emphasizes the meaning of a preceding preposition, as* **bis . . . hin** until; **hin- und hergehend** going to and fro; **hin- und herlaufend** running hither and thither; **das Hin- und Herschwenken** waving (to and fro); **hin- und hertreiben** drive now this way, now that
hinabreichen *w.* reach down, descend
hinarbeiten *w.* (auf) direct one's efforts (toward)
hinaufsteigen *str.* mount
hinaufzucken *w.* flash upwards
hinaus *adv.* out, forth
hinauspressen *w.* press out
hinausreichen *w.* reach out
hinausstoßen *str.* push out, eject
hinderlich *adj.* obstructive
hindern *w.* prevent
das **Hindernis** impediment, hindrance, obstacle
hindurch *adv.* throughout; *sometimes emphasizes the meaning of a preceding* **durch**
hindurchführen *w.* lead (pass) through
hindurchpumpen *w.* pump through
hindurchquälen *w.* force one's way through
hindurchtreiben *str.* push through
hineinbringen *irr.* put in
hineinkommen *str.* get in
hineinpressen *w.* press into
hineinragen *w.* project
hineinschieben *str.* push, drive into
hinführen *w.* take (carry) to
hingeben *str. refl.* devote one's self
hingewiesen *see* **hinweisen**
hinlänglich *adj.* sufficient
hinreichend *adj.* sufficient
die **Hinsicht** respect, regard
hinsichtlich *prep. with gen.* in view of, as to
hinten *adv.* behind; **nach hinten** towards the rear
hinter *adj.* rear, hindmost; *prep. with dat. or acc.* behind
der **Hintergrund** background
hinterlassen *str.* leave behind
die **Hinterseite** back
das **Hinterteil** stern
hintreiben *str.* (an) drive (to)
hinwegfahren *str.* pass over, pass along
das **Hinwegräumen** removal
hinwegschlagen *str.* strike beyond (over)
der **Hinweis** (auf) indication (as to)
hinweisen *str.* point at, point out
hinwies *see* **hinweisen**
hinziehen *str.* pass along, pass over
hinzogen *see* **hinziehen**
hinzu *adv.* thereto, to it
hinzufügen *w.* add
hinzukommen *str.* be added
der **Historiker** historian
die **Hitze** heat
hob *see* **heben**
hoch *adj.* (*comp.* **höher**, *sup.* **höchst**) high; **auf das höchste** to the highest degree; *the positive drops c in inflected forms, as* **hoher, hohe,** *etc.*
die **Hochdruckmaschine** high-pressure engine
hocherfreut *adj.* (über) greatly rejoiced (at)

hochgelegen *adj.* located (situated) on high ground
hochgespannt *adj.* of high tension
die **Hochschule** academy, university
höchstens *adv.* at the most
hoffen *w.* (**auf**) hope (for)
die **Hoffnung** hope
die **Höhe** height, highest rank; **in die Höhe** upwards
der **Höhepunkt** culminating point
hohl *adj.* hollow
die **Höhle** cave, cavity
der **Hohlraum** hollow space
die **Hohlvene** vena cava
holen *w.* fetch
das **Holundermark** elder pith
das **Holundermarkkügelchen** little ball of elder pith
das **Holz** wood; *pl.* **Hölzer** woody (ligneous) substances, trees
der **Holzbau** wooden structure
die **Holzbearbeitung** woodworking
hölzern *adj.* wooden
die **Holzsägerei** wood sawing
die **Holzsubstanz** woody substance
der **Holzteil** wooden part
die **Horde** horde, nomadic tribe
hören *w.* hear
der **Hörige** bondman, serf
die **Hörigkeit** bondage, serfdom
die **Hornhaut** cornea
das **Hotel** palace
der **Hub** stroke (of a piston)
hübsch *adj.* pretty
das **Hufeisen** horseshoe
die **Hügellandschaft** hilly region (landscape)
die **Hülfe** *see* **Hilfe**
hülflos *adj.* helpless
das **Hülfsmittel** *see* **Hilfsmittel**
hüllen *w.* hide, conceal; *refl.* be hidden
der **Humanismus** humanism, classical education
hundertfach *adv.* a hundredfold, a hundred times
hundertjährig *adj.* of a hundred years, centennial
die **Hunderttausende** *pl.* hundreds of thousands
das **Hungerjahr** year of famine
die **Hungersnot** famine
hungrig *adj.* hungry
der **Husten** cough
der **Hut** hat
hüten *w. refl.* beware, take care not to
die **Hütte** hut
die **Hüttenindustrie** smelting business
das **Hüttenwesen** smelting

I

i. J. = **im Jahre** in the year
im = **in dem**
immer *adv.* always, ever; (*before a comp.*) more and more; **immer wieder** again and again
die **Imprägnierung** impregnation
imstande sein *irr.* be able
in *prep. with dat. or acc.* in, into
indem *conj.* while; *cf. note to page* **xxvii** 15
indes (**indessen**) *adv.* however, in the meantime
das **Indien** East Indies
der **Indier** Hindu (*not* Indian)
die **Industrieware** industrial product

infolge *prep. with gen.* in consequence of
der **Inhaber** proprietor
der **Inhalt** contents, meaning
die **Inklinationsnadel** dipping needle, inclination compass
inmitten *prep. with gen.* in the midst of
innen *adv.* within; **nach innen** inwards, toward the interior; **von innen heraus** from within
die **Innenfläche** inner surface
der **Innenraum** inner space
die **Innenseite** interior surface
das **Innere** inner part, interior
innerhalb *prep. with gen.* within
Innern *see* **Innere**
innewohnend *adj.* inherent
innig *adj.* close, intimate
die **Insel** island
die **Inselwelt** archipelago
insofern *adv.* so far; *conj.* as, in so far as
die **Interimsbahn** temporary railroad
inzwischen *adv.* in the meantime
irdisch *adj.* terrestrial
irgend *adv.* some, any; **irgend einer** any one; **irgend etwas** something, anything
irgendwo *adv.* somewhere, anywhere
irrig *adj.* erroneous, false
die **Irrlehre** erroneous teaching, false doctrine
der **Irrtum** error
die **Irrtümlichkeit** erroneousness
isländisch *adj.* Icelandic
der **Isolator** insulator
isolieren *w.* insulate
die **Isolierung** insulation

J

ja *adv.* yes, surely; *cf. note to page* **ix** 5
das **Jahr** year
jahrelang *adv.* for years
die **Jahresversammlung** annual meeting
die **Jahreszahl** date
die **Jahreszeit** season
das **Jahrhundert** century; **Jahrhunderte lang** for centuries
jährig *adj.* lasting a year; **500-jährig** lasting five hundred years
jährlich *adj.* yearly, annual
das **Jahrtausend** a thousand years
das **Jahrzehnt** decade
jawohl *adv.* yes indeed, certainly
je *adv.* ever, respectively, each; **je . . . desto (um so)** the . . . the; **je nach** according to; **je nachdem** according as
jedenfalls *adv.* in any case, surely, by all means
jeder *adj.* every, each, any; everybody
jedermann *indef. pron.* every one
jedoch *adv.* however
von **jeher** at all times
jemals *adv.* ever
jemand *indef. pron.* some one, somebody
jener *dem. pron.* that; that one
jenseits *adv. and prep. with gen.* on the other side, beyond
jetzig *adj.* present
jetzt *adv.* now
die **Jetztzeit** present time
jeweilig *adj.* in each case, respective
jeweils *adv.* at times

die **Jugend** youth
jugendlich *adj.* youthful
der **Jugendzustand** youthful state (condition)
jung *adj.* (*comp.* **"er**, *sup.* **"st**) young; *sup. also* latest

K

der **Kaiser** emperor
der **Kalk** lime
das **Kalkgebirge** calcareous mountains
das **Kalkgemenge** calcareous mixture
das **Kalkgestein** calcareous stone, limestone
der **Kalkstein** calcareous stone, limestone
der **Kalkul** calculation, computation
kalt *adj.* cold
kaltblütig *adj.* cold-blooded
die **Kälte** cold
die **Kältemischung** freezing mixture
kam . . . hinzu *see* **hinzukommen**
der **Kampf** struggle, battle, fight
kämpfen *w.* fight
das **Kämpfen** struggling, contention
die **Kanalgesellschaft** canal company
kann *see* **können**
kannte *see* **kennen**
die **Kante** edge
das **Kapillarnetz** capillary network
der **Kapitalbesitzer** capitalist
kapitalkräftig *adj.* well provided with capital
Karl der Große Charles the Great, Charlemagne
die **Karte** map
das **Kartell** agreement, trust
die **Kartoffel** potato
der **Kasten** box
kastenartig *adj.* boxlike
das **Kastenwesen** caste system
katastrophenartig *adv.* in the shape of a catastrophe
kaufen *w.* buy
der **Kaufherr** head of a firm
Kaufleute *see* **Kaufmann**
der **Kaufmann** (*pl.* **Kaufleute**) merchant
kaum *adv.* hardly, scarcely
der **Kegel** cone
kegelförmig *adj.* cone-shaped
der **Kehlkopf** larynx
kehren *w.* turn
kehrt . . . zurück *see* **zurückkehren**
kein *adj.* no (*not the adv.* no)
keinerlei *adj.* no kind of
keineswegs *adv.* by no means
der **Keller** cellar
kennen *irr.* know; **kennen lernen** learn to know, get acquainted with
der **Kenner** judge, connoisseur
die **Kenntnis** knowledge; *pl.* **Kenntnisse** attainments
das **Kennzeichen** indication, mark of distinction
kennzeichnen *w.* stamp, characterize
der **Kessel** boiler
der **Kesselboden** boiler bottom
der **Kesseldampf** steam from a boiler
die **Kesselexplosion** boiler explosion

die **Kesseloberfläche** boiler surface
die **Kesselplatte** boiler plate
der **Kesselraum** boiler room
die **Kesselwand** boiler wall (side)
das **Kesselwasser** water in a boiler
die **Kette** chain
der **Kiel** keel
der **Kies** gravel
die **Kieselsäure** silicic acid
das **Kieselsäure-Hydrat** silicic-acid hydrate
das **Kilometer** kilometer (= ⅝ mile)
das **Kind** child
die **Kinderarbeit** work (employment) of children
die **Kindheit** childhood
der **Kirchenbau** (*pl.* **Kirchenbauten**) church building
klaffend *adj.* gaping
klagen *w.* complain
die **Klappe** valve
klar *adj.* clear; **klar werden** comprehend; **auf das klarste** in the clearest manner
klären *w. refl.* become clear, clarify
die **Klasse** class, division
die **Klassenbildung** formation of (social) classes
der **Klassengegensatz** class antagonism
der **Klassenkampf** struggle between (social) classes
die **Klassenleidenschaft** passion of (social) classes
klassisch *adj.* classic
kleben *w.* glue, paste
das **Kleid** dress, garment; *pl.* **Kleider** clothes
die **Kleidung** dress, clothes, garment
klein *adj.* small, little; **im kleinen** on a small scale; **kleine Leute** retailers, keepers of small shops
der **Kleinbauer** small farmer
das **Kleingewerbe** retail business
der **Kleinhandel** retail business
der **Kleinstaat** minor (second rate) state
die **Klippe** cliff, reef
das **Klirren** clanking, rattling
die **Kluft** cleft, chasm
klug *adj.* (*comp.* **¨er**, *sup.* **¨st**) prudent, wise, clever
knacken *w.* crack
knallen *w.* crack, give a report; *impers.* **es knallt** there is a report (detonation)
das **Knallen** report, detonation
die **Knechtung** enslavement
das **Knistern** crackling
das **Knochenmark** marrow of the bone
das **Knorpelstück** cartilaginous piece
knüpfen *w.* (**mit**) connect; **sich knüpfen daran** be connected with it
die **Koalitionsfreiheit** freedom of (industrial) combination
das **Koalitionsrecht** right of combining
kochend *adj.* boiling
das **Kochsalz** common (kitchen) salt, sodium chloride
die **Kohle** coal; carbon
die **Kohlenablagerung** coal bed, coal deposit
die **Kohlenbahn** railroad for transporting coal
der **Kohlenbedarf** supply of coal
die **Kohlendampfmaschine** coal steam engine

die **Kohlengrube** coal pit
der **Kohlenhäuer** coal pickman, miner
das **Kohlenhydrat** carbon hydrate
das **Kohlenlager** coal bed
kohlensauer *adj.* carbonic
die **Kohlensäure** carbonic acid
der **Kohlenschatz** treasure (wealth) of coal
der **Kohlenstoff** carbon
der **Kohlentransport** transportation of coal
der **Kohlenwagen** coal car
der **Kohlenwasserstoff** carbohydrate
das **Kohlenwerk** colliery
die **Kokon(Cocon)erzeugung** production of cocoons
der **Kolben** retort; piston
die **Kolbenfläche** piston plane, piston face
der **Kolbenhub** piston stroke
die **Kolbenstange** piston rod
der **Kolbenweg** course of a piston
das **Kollegium** (*pl.* **Kollegien**) committee
kommen *str.* come; **kommen . . . vor** *see* **vorkommen**; **zum Ausdruck kommend** finding expression, manifested; **zu Stande kommen** be founded
der **Kommunalbetrieb** parish government
die **Kommunaleinrichtung** parochial institution (organization)
die **Kommune** community, municipality
die **Kompaßnadel** magnetic needle
der **Kondensator** condenser
der **König** king
die **Königsgewalt** kingly power
das **Königsschloß** royal castle
die **Konkavbrille** concave spectacles
die **Konkurrenz** competition
der **Konkurs** competition
können *modal aux.* can, be able (to do)
das **Können** ability
konstatieren *w.* state, prove
der **Konstrukteur** builder
der **Konsum** consumption
die **Kontaktfläche** contact surface
kontinental *adj.* continental
die **Kontrastwirkung** contrasting effect
die **Konvexbrille** convex spectacles
konzertieren *w.* give a concert
der **Kopf** head
der **Kopfarbeiter** brain worker
die **Kopfbewegung** motion of the head
die **Kopfhälfte** half of the head
der **Korallenbau** coral structure
die **Koralleninsel** coral island
das **Korallenriff** coral reef
das **Korn** corn, grain
körnig *adj.* granular
der **Körper** body, substance
das **Körperchen** particle
das **Körpergewicht** bodily weight
die **Körperhälfte** half of the body
die **Körperhöhle** corporeal cavity
die **Körpermasse** bodily mass
der **Körperteil** part of the body
die **Körperwärme** warmth of the body
die **Körperwelt** material world
kostbar *adj.* costly, precious
kosten *w.* cost
die **Kosten** *pl.* expense(s)

kostspielig *adj.* costly, expensive
krachen *w.* crash, crack
das **Krachen** roar, peals (of thunder)
die **Kraft** power, force, energy
die **Kraftäußerung** manifestation of power
der **Krafteffekt** dynamical effect
kräftig *adj.* powerful
die **Kraftleistung** achievement by force, effective work
die **Kraftmaschine** motor, automobile
der **Kraftmotor** motor
die **Kraftquelle** source of power, source of strength
der **Kraftstuhl** power loom
die **Kraftsumme** total (amount) of power
der **Kraftverlust** loss of power
krank *adj.* ill
die **Krankheit** illness
das **Krankheitssymptom** symptom of illness
die **Kranzvene** cardiac vein
der **Kraterboden** bottom of a crater
der **Kraterrand** brink of a crater
der **Kraterschlund** gorge of a crater
die **Kratertiefe** depth of a crater
die **Kreide** chalk
der **Kreis** circle
die **Kreisbewegung** circular motion, rotation
kreisen *w.* circulate
kreisförmig *adj.* circular
der **Kreislauf** circular course, revolution
die **Kreisscheibe** circular disk
der **Kreisstrom** circular current
die **Kreisteilung** circular division
das **Kreuz** cross; **ans Kreuz schlagen** crucify
kreuzen *w.* cross; *refl.* cross each other, intersect
kriegerisch *adj.* warlike
die **Kriegsfackel** torch of war
die **Kriegsverfassung** military system
das **Kriegswesen** military affairs
das **Kristall** crystal
kristallinisch *adj.* crystalline
die **Kristallisation** crystallization
kristallisieren *w.* crystallize
krumm *adj.* crooked, curved
die **Kruste** crust
der **Kubikzoll** cubic inch
die **Kugel** ball, bulb
das **Kügelchen** little ball, globule
die **Kugelform** spherical form
kugelförmig *adj.* spherical
die **Kugelgestalt** sphericity
die **Kugeloberfläche** spherical surface
kühn *adj.* bold
die **Kulturentwickelung** development of culture, development of civilization
die **Kulturleistung** achievement of culture
das **Kulturniveau** level of culture
der **Kulturstand** civilized position (condition)
das **Kulturvolk** civilized nation
kümmerlich *adj.* scanty, miserable
kümmern *w. refl.* care, pay attention, pay heed
kundgebend *adj.* manifesting
künftig *adj.* future
die **Kunst** art
der **Künstler** artist
künstlich *adj.* artificial
die **Kunstwelt** world of art
das **Kupfer** copper

der **Kupferdraht** copper wire
kupfern *adj.* copper
der **Kupferstreif(en)** copper blade
das **Kupfervitriol** sulphate of copper
kuppeln *w.* couple, connect
die **Kurbel** crank
der **Kurs** course
die **Kurve** curve
kurz *adj.* (*comp.* ¨er, *sup.* ¨est) short, brief; *adv.* shortly, a short time; in brief
kurzsichtig *adj.* shortsighted
die **Kurzsichtigkeit** shortsightedness
die **Küste** coast
die **Küstencontour** coast outline

L

laden *str. refl.* be charged
die **Ladung** charge
lag *see* **liegen**
die **Lage** situation, position; layer, stratum; **in der Lage sein** be in a position
lagen *see* **liegen**
das **Lager** bed, layer
lagern *w.* be deposited
die **Lampe** lamp
das **Land** country, land
die **Länderverbindung** connection between countries
das **Landeskind** native of a country
die **Landreise** journey by land, journey overland
der **Landreisende** traveler (on land)
die **Landschaft** landscape; district, region
der **Landsee** inland lake
die **Landvermessung** surveying
die **Landwirtschaft** agriculture
landwirtschaftlich *adj.* agricultural
lang *adj.* (*comp.* ¨er, *sup.* ¨st) long, (*after the noun*) for; *adv.* **lang(e)** for a long time; **so lange** as long as; **noch lange nicht** far from, not nearly; **längst** long ago
langanhaltend *adj.* long-continuing
die **Länge** length
der **Längengrad** degree of longitude
länglich-rund *adj.* oval
längs *adv.* long ago; along
die **Längsachse** longitudinal axis
langsam *adj.* slow
die **Längslinie** longitudinal line
die **Längsscheidewand** longitudinal septum
längst *see* **lang**
die **Lanze** lance
die **Lappe** (= **Lungenlappe**) lobe of the lungs
las *see* **lesen**
lassen *str.* let, permit, cause, order, leave; *cf. note to page* **39** 8; **Zeit lassen** give time; **läßt . . . nach** *see* **nachlassen**; **es läßt sich denken** it may be imagined
die **Last** burden, weight
lasten *w.* weigh
lastend *adj.* weighing
der **Lastzug** freight train
lateinisch *adj.* Latin
latent *adj.* latent
der **Lauf** course
laufen *str.* run
laufend *adj.* to be passed over
läutern *w.* purify, cleanse
die **Lavadecke** lava cover

der **Lavakern** lava nucleus
die **Lavakruste** lava crust
die **Lavasäule** lava pillar
der **Lavasee** lava lake
leben *w.* live
das **Leben** life
das **Lebensalter** age
die **Lebensbedingung** essential condition, vital point
die **Lebensfeuchtigkeit** life fluid, life blood
die **Lebensfunktion** function of life
die **Lebensgefährlichkeit** danger to life
die **Lebenshaltung** standard of life
das **Lebensjahr** year of one's life
die **Lebensluft** vital air, oxygen
das **Lebensniveau** plane of living
die **Lebensordnung** rule of life; diet
die **Leber** liver
lebhaft *adj.* lively
lediglich *adv.* solely
leer *adj.* empty
legen *w.* lay, place, put; **sich legen an** become attached to, join
die **Legung** putting (laying) down
die **Lehranstalt** educational institution
die **Lehre** doctrine, instruction, precept, rule; **in die Lehre treten** become an apprentice
lehren *w.* teach, teach how
die **Lehrerschaft** body of teachers
das **Lehrgebäude** system of instruction
der **Lehrgegenstand** subject of instruction, branch of study
der **Lehrstuhl** professorial chair
der **Lehrzweck** purpose (aim) of instruction
leicht *adj.* light, easy, slight
die **Leichtigkeit** ease, facility
leichtsinnig *adj.* careless, heedless, frivolous
das **Leiden** suffering
die **Leidenschaft** passion
leider *adv.* unfortunately
die **Leine** line, cord
das **Leinen** linen
leisten *w.* furnish, perform, render
die **Leistung** achievement, performance
die **Leistungsfähigkeit** capacity (of performance), efficiency
leiten *w.* lead, conduct
leitend *adj.* leading, guiding
der **Leiter** conductor
das **Leitfossil** principal (leading) fossil
die **Leitung** management, achievement; conduction
der **Leitungsdraht** conducting wire
lenken *w.* turn, guide, direct
lernen *w.* learn
der **Lernende** learner, student
lesen *str.* read
der **Leser** reader
letzt *adj.* last; **der letztere** the latter
der **Leuchtturm** lighthouse
leugnen *w.* deny
das **Licht** light
die **Lichtausstrahlung** radiation of light
der **Lichtblitz** flash of lightning
der **Lichtbogen** luminous arc
der **Lichteindruck** impression of light
die **Lichtentwickelung** development (evolution) of light
die **Lichterscheinung** luminous phenomenon, effect of light

der **Lichtglanz** brilliancy of light
die **Lichtintensität** intensity of light
die **Lichtkuppel** cupola of light
die **Lichtmaschine** lighting apparatus
die **Lichtmenge** quantity (mass) of light
die **Lichtquelle** source of light
der **Lichtschimmer** gleam of light
der **Lichtstrahl** beam (ray) of light
der **Lichtstrom** flood of light
das **Lichtverhältnis** condition of light
lichtvoll *adj.* enlightened
lieb *adj.* dear
die **Liebe** love
lieben *w.* love
liefern *w.* deliver, furnish, supply with
liegen *str.* lie, be situated; **liegen lassen** let lie; **zu liegen kommen** happen to lie
liegend *adj.* lying, situated, placed
ließe *see* **lassen**
die **Linie** line; **in erster Linie** in the first place, above all
link *adj.* left
links *adv.* to (on) the left; **nach links** to the left
die **Linse** lens
die **Linsenkapsel** lens capsule
das **Liter** liter
locker *adj.* loose
lockern *w.* loosen
die **Lockerung** loosening, looseness
der **Löffel** spoon
die **Logik** logic
der **Lohn** reward, payment; *pl.* **Löhne** wages
lohnen *w.* pay; *refl.* pay, be worth the while
die **Lohnhaltung** standard of wages
die **Lohnzahlungsmethode** method of paying wages
die **Lokalität** locality
der **Lokomotivbauer** locomotive builder
los *adj.* loose
löschbar *adj.* extinguishable
lösen *w.* solve, dissolve
löslich *adj.* soluble
lossagen *w. refl.* renounce, give up, get rid of
die **Lösung** solution
lotrecht *adj.* vertical
die **Luft** air; **in die Luft** on high, high up
die **Luftart** kind of air
luftdicht *adj.* air-tight
der **Luftdruck** air pressure
die **Luftelectricität** air electricity
der **Luftkreis** atmosphere
luftleer *adj.* void of air, vacuum
die **Luftleitung** aërial conduction
die **Luftpumpe** air pump
der **Luftraum** aërial region, upper air
die **Luftröhre** windpipe
die **Luftröhrenästchen** *pl.* bronchia
die **Luftschicht** layer of air
luftverdünnt *adj.* rarefied
die **Luftwärme** warmth of the air
die **Lunge** lung
die **Lungenarterie** pulmonary artery
das **Lungenbläschen** vesicle of the lungs
der **Lungenflügel** lung
der **Lungeninhalt** volume (contents) of the lungs

der **Lungenkapillar** pulmonary capillary
das **Lungenläppchen** lobe of the lungs
die **Lungenlappe** lobe of the lungs
die **Lust** pleasure
der **Luxus** luxury
lydisch *adj.* Lydian (of Lydia in Asia Minor)
der **Lymphstrom** lymphatic current

M

machen *w.* make, be the cause of
die **Macht** power
mächtig *adj.* (*comp.* **–er**, *sup.* **–st**) mighty, powerful; **der Mächtigste** the most powerful man
die **Mächtigkeit** might, powerfulness; thickness (richness of a lode)
der **Magen** stomach
der **Magneteisenstein** magnetic iron ore (stone)
der **Magnetfels** magnetic rock
die **Magnetnadel** magnetic needle
der **Magnetstab** bar magnet
das **Magnetstäbchen** small bar magnet
die **Mahlmühle** flour (grist) mill
die **Mahnung** admonition, warning
majestätisch *adj.* majestic
das **Mal** time; **beim ersten Male** for the first time; **mit einem Male** all at once; **mal** (*after numbers*) time, times
man *indef. pron.* one, people, they
manch *adj.* many, many a
mancherlei *adj.* various kinds of
manchmal *adv.* sometimes
der **Mangel** absence, lack; defect, flaw
mangelhaft *adj.* defective, faulty
die **Mangelhaftigkeit** defectiveness, imperfection
der **Mann** man
das **Männchen** manikin
mannigfach *adj.* various, manifold
mannigfaltig *adj.* various, manifold
die **Mannigfaltigkeit** manifoldness, variety
der **Mantel** mantle, envelope, covering
marin *adj.* of the sea, sea
die **Marine** navy
die **Mark** mark (= about 24 cents)
markieren *w.* mark
der **Markt** market (place); trade
die **Markterweiterung** expansion of trade
der **Marmor** marble
die **Marmorstatue** marble statue
die **Maschinenarbeit** machine work
der **Maschinenarbeiter** machinist
die **Maschinenbau-Anstalt** machine shop
der **Maschinenbauer** mechanical engineer
das **Maschinenhaus** engine house (shed)
die **Maschinensache** business of a machine
die **Maschinentechnik** engineering
der **Maschinenteil** part of a machine
das **Maschinenwesen** engineering
das **Maschinenzeitalter** age (era) of machines

das **Maß** measure, degree
die **Masse** mass, bulk, volume; *pl.* the masses
die **Massenarbeit** work of the masses, work by a large number of men
massenhaft *adj.* numerous; *adv.* in large numbers, voluminously
die **Massenhaftigkeit** abundance
maßgebend *adj.* decisive
massig *adj.* massy, solid
mäßig *adv.* moderately
die **Mäßigung** moderation
das **Maßsystem** system of measures
der **Mast** mast
die **Mastspitze** top of the mast
die **Materie** matter, substance
matt *adj.* feeble
die **Mauer** wall
das **Mauerstück** piece (fragment) of a wall
der **Maulwurf** mole
der **Mechaniker** mechanician
mechanisierbar *adj.* fit to be mechanized
die **Mechanisierung** mechanizing
das **Meer** sea
die **Meeresablagerung** marine deposit
das **Meeresbecken** sea basin
die **Meeresbildung** formation of the sea
der **Meeresboden** bottom of the sea
die **Meeresfläche** surface of the sea
der **Meeresgrund** bottom of the sea
das **Meeresniveau** sea level
der **Meeresspiegel** surface of the sea
die **Meeresströmung** ocean current
das **Meerwasser** sea water
die **Mehlbereitung** making of flour
mehr *adv.* more; **immer mehr** more and more
der **Mehraufwand** increased (additional) expenditure
mehren *w.* increase, multiply
mehrere *adj.* several
mehrfach *adv.* repeatedly
das **Mehrhundertfach(e)** several hundred times
mehrjährig *adj.* several years old, lasting several years
die **Mehrleistung** increased work done
mehrmals *adv.* several times
die **Mehrproduktion** increased production
mehrstündig *adj.* of increased hours (of work)
die **Mehrzahl** majority
die **Meile** mile
meilenlang *adj.* extending for miles
meinen *w.* think, suppose, consider
die **Meinung** opinion
meist *adj.* most; *adv.* mostly, generally
meistens *adv.* chiefly, for the most part
die **Meisterschaft** mastery, superiority
die **Menge** mass, quantity, multitude
der **Mensch** man, human being
die **Menschenarbeit** work of men
die **Menschengruppe** group of men
das **Menschenleben** human life
die **Menschenverbindung** combination (association) of men
die **Menschenzahl** number of men
die **Menschheit** human race, humanity

menschlich *adj.* human
merken *w.* mark, notice
merklich *adj.* noticeable
das **Merkmal** characteristic
merkwürdig *adj.* remarkable
das **Merkzeichen** distinctive mark
merowingish-karolingisch *adj.* Merovingian-Carolingian (pertaining to the first two dynasties of Frankish kings)
messen *str.* measure
das **Messer** knife
das **Meßinstrument** surveying instrument
die **Messung** measurement
das **Metallband** metallic band (strap)
die **Metallbearbeitung** metal work
der **Metalldraht** metallic wire
der **Metalleiter** metallic conductor
die **Metallindustrie** metal trade (manufacture)
die **Metallkugel** metallic ball
die **Metallplatte** plate (sheet) of metal
der **Metallstreifen** metallic ribbon (strip)
der **Metallteil** metallic part
die **Metallwaffe** metallic weapon
das **Metallwerkzeug** metallic tool
meterdick *adj.* a meter in circumference
die **Milch** milk
die **Militärdiktatur** military dictatorship
millionenfach *adv.* millions of times
minder *comp. adv.* less; *sup.* **mindestens** at least
mindern *w.* lessen, diminish
die **Minderzahl** minority
mindestens *see* **minder**
der **Mineralbestandteil** mineral constituent (element)
der **Mineralgang** mineral lode (vein)
der **Mineralkörper** mineral body
die **Mineralquelle** mineral spring
das **Mineralsalz** mineral salt
die **Mineralwelt** mineral kingdom
mirakelsüchtig *adj.* eager to see miracles
mischen *w.* mix
die **Mißbildung** wrong (imperfect) formation
der **Mißbrauch** abuse
mißbrauchen *w.* misuse
die **Mißernte** failure of crops
mißhandeln *w.* maltreat
die **Mißhandlung** ill usage
mißtrauen *w.* distrust
das **Mißverständnis** misunderstanding
mit *prep. with dat.* with, by; **mit der Zeit** in time
der **Mitarbeiter** fellow laborer
mitbringen *irr.* carry along
miteinander *adv.* with one another
mitführen *w.* carry along
mitgebracht *see* **mitbringen**
mitgenießen *str.* partake in the enjoyment of
mitgerissen *adj.* dragged (torn) along
mithin *adv.* consequently
mitnehmen *str.* carry along
mitspielen *w.* take part
die **Mitte** middle, center, midst
mitteilen *w.* communicate, impart
mittel *adj.* (*comp.* **mittler**, *sup.* **mittelst**) middle, mean; **der mittlere Beamte** average (as to salary and rank) government official

das **Mittel** means, contrivance; **im Mittel** on the average
das **Mittelalter** Middle Ages, medieval period
mitteldeutsch *adj.* in (of) Central Germany
die **Mittelebene** mesial plane
das **Mittelgebirge** intermediate (secondary) chain of mountains
das **Mittelmeer** Mediterranean Sea
der **Mittelpunkt** central point
mittels *prep. with gen.* by means of
der **Mittelstand** middle class
die **Mitteltemperatur** mean temperature
mitten *adv.* in the midst (of)
die **Mitternacht** midnight
mittler *see* **mittel**
mittlerweile *adv.* in the meantime
mitunter *adv.* sometimes
mitwirken *w.* coöperate, contribute
die **Mitwirkung** coöperation
mitzählen *w.* take into account
der **Möbelüberzug** furniture covering
möchte *see* **mögen**
die **Mode** fashion
das **Modell** model, type
mögen *modal aux.* may, like; *imperf. subj.* **möchte** should like, might
möglich *adj.* possible; *sup. adv.* **möglichst** as . . . as possible
die **Möglichkeit** possibility
monatelang *adj.* lasting for months
der **Mond** moon
die **Monopolstellung** position of monopoly
die **Moral** morality
die **Moralregel** moral rule (standard)
der **Morast** swamp, bog
morgen *adv.* to-morrow
der **Morgen** morning; **morgens (des Morgens)** in the morning
die **Mühe** pains, labor, effort
mühsam *adj.* laborious
die **Müllerei** miller's trade
München Munich
münden *w.* empty
die **Mundhöhle** cavity of the mouth
die **Munterkeit** cheerfulness
die **Münzprägung** coinage
das **Münzsilber** standard silver
das **Musikstück** piece of music
die **Muskelarbeit** muscular labor
das **Muskelband** muscular ligament
das **Muskelbündel** fascicle of muscles
die **Muskelfaser** muscular fiber
die **Muskelfunktion** muscular activity
der **Muskelsinn** feeling (sensation) of the muscles
die **Muskeltätigkeit** muscular activity
das **Musketenfeuer** musketry fire
müssen *modal aux.* must, be compelled, cannot help
müßig *adj.* idle
mustergültig *adj.* typical
der **Mut** courage
die **Mutter** mother

N

nach *prep. with dat.* after, to, past, according to, as to, toward; **nach und nach** gradually; **nach oben hin** in an upward direction
der **Nachbar** neighbor
das **Nachbarhaus** adjoining house
das **Nachbild** ocular spectrum

nachbleiben *str.* remain behind
nachdem *conj.* after, when
das **Nachdenken** meditation
nachfolgend *adj.* following, subsequent
der **Nachfolger** successor
nachgehen *irr.* investigate
nachgewiesen *see* **nachweisen**
nachhallend *adj.* resounding, reverberating
nachher *adv.* afterwards
nachklassisch *adj.* postclassic
nachlassen *str.* relax, abate
die **Nachricht** report
nachsehen *str.* see to, examine
nachspüren *w.* track, trace
nachstehen *irr.* be inferior
die **Nachströmung** supply (flowing after)
das **Nachstürzen** fall, tumbling down
die **Nacht** night; **des Nachts** at night
der **Nachteil** disadvantage
nachteilig *adj.* disadvantageous
die **Nachtstunde** hour of the night
der **Nachtthermometer** night thermometer
der **Nachweis** proof
nachweisen *str.* prove, demonstrate
die **Nadel** needle
nah(e) *adj.* (*comp.* **näher**, *sup.* **nächst**) near, close; *comp. also* more accurate; *sup.* next, nearest; **am nächsten** nearest, closest; *adv.* near by, closely; **nahe kommen** approach
die **Nähe** nearness, vicinity
das **Nahen** approach
nähern *w. refl.* draw near; *recipr.* approach one another
die **Näherung** approximation
nahezu *adv.* nearly
nahmen . . . teil *see* **teilnehmen**
nähren *w. refl.* support one's self
der **Nährstoff** nutritious substance
die **Nahrung** nourishment
die **Nahrungsaufnahme** taking of nourishment
die **Nahrungsgewinnung** obtainment of nourishment
das **Nahrungsmittel** provisions
der **Nahrungswert** nutritive value
der **Name(n)** name
die **Namengebung** naming
namentlich *adv.* especially
namhaft *adj.* noted, eminent
nämlich *adv.* namely, that is (to say), to wit
die **Nase** nose
die **Nasenhöhle** nasal cavity
naß *adj.* wet
die **Nationaleitelkeit** national vanity
der **Nationalhaß** national hatred
nationalökonomisch *adj.* pertaining to political economy, of social philosophy
das **Natrium** sodium (Na)
das **Natron** sodium oxide (Na_2O)
die **Naturbeobachtung** observation of nature
die **Naturerkenntnis** perception of nature
die **Naturerscheinung** natural phenomenon
der **Naturforscher** naturalist, natural philosopher
die **Naturforschung** study of nature
naturgemäß *adv.* naturally
die **Naturkraft** power of nature
die **Naturkunde** natural science

die **Naturlehre** natural science
natürlich *adj.* natural
die **Naturwissenschaft** natural science
naturwissenschaftlich *adj.* of natural science, physical
neapolitanisch *adj.* Neapolitan
der **Nebel** mist, fog
neben *prep. with dat. or acc.* near, by the side of, beside
nebeneinander *adv.* near one another
die **Nebeneinanderstellung** juxtaposition
das **Nebengestein** adjacent ore
nebst *prep. with dat.* together with
negieren *w.* deny
nehmen *str.* take; **es darf nicht Wunder nehmen** it cannot be surprising
die **Neigung** slope, declivity; inclination, fondness
nein *adv.* no
nennen *irr.* name, call
der **Nerv** nerve
die **Nervenfunction** function of the nerves
die **Nervenreizbarkeit** nervous irritability
die **Nervenschicht(e)** nerve coat (tunic)
das **Netz** network (of railways)
die **Netzhaut** retina
das **Netzhautbild** image on the retina
die **Netzhautfläche** plane of the retina
neu *adj.* new, later, recent; **aufs neue** again and again; **von neuem** anew
die **Neuablagerung** new deposit
die **Neubildung** new formation; reorganization
neuerdings *adv.* latterly
neulich *adv.* lately, recently
die **Neuordnung** new formation; reorganization
nicht *adv.* not
die **Nichtachtung** want of consideration
nichtgelehrt *adj.* unlearned
der **Nichtleiter** nonconductor, insulator
nichtmagnetisch *adj.* nonmagnetic
nichts *indef. pron.* nothing; **nichts weniger als** anything but
nie *adv.* never
nieder *adj.* low; *adv.* down
niederfahren *str.* shoot down
niederfallen *str.* drop down
der **Niedergang** down stroke
der **Niederschlag** precipitation
niederschlagen *str.* precipitate; knock down, crush
die **Niederschlagung** precipitation
niederstürzen *w.* pour down, be hurled down
niedrig *adj.* low; **am niedrigsten** the lowest
niemals *adv.* never
niemand *indef. pron.* no one
nimmt *see* **nehmen**
nirgends *adv.* nowhere
die **Niveauveränderung** change of level
noch *adv.* still, yet; **noch ein** another; **noch einmal** once more; **noch nicht** not yet; **weder . . . noch** neither . . . nor
nochmals *adv.* once more, again
der **Nord(en)** north

das **Nordende** northern end
nordisch *adj.* northern
nördlich *adj.* northern; *comp. adv.* **nördlicher** more northerly
das **Nordlicht** northern lights
die **Nordlinie** northern line
der **Nordpunkt** northern point
die **Nordrichtung** northerly direction
die **Nordspitze** northern point
die **Norm** rule, model
nötig *adj.* necessary
nötigen *w.* force, compel
notwendig *adj.* necessary
notwendigerweise *adv.* necessarily
die **Null** zero
der **Nullpunkt** zero, freezing point
nun *adv.* now
nur *adv.* only, (*with imperative*) just
die **Nuß** nut
der **Nutz** use; **zu nutze machen** profit by
nutzbar *adj.* useful
nutzbringend *adj.* profitable
der **Nutzeffect** effective power
der **Nutzen** usefulness
nützlich *adj.* useful; **Nützliches** something useful
die **Nützlichkeit** utility

O

ob *conj.* whether, if
das **Obeliskenstück** piece (fragment) of an obelisk
oben *adv.* above, on high
obenerwähnt *adj.* abovementioned
ober *adj.* superior, highest; *sup.* **oberst** highest, supreme
die **Oberfläche** surface
der **Oberflächenpunkt** superficial point
oberflächlich *adj.* superficial, shallow
oberhalb *prep. with gen.* above
oberirdisch *adj.* aboveground
die **Oberseite** upper side
obgleich *conj.* although
obig *adj.* aforesaid
obschon *conj.* although
das **Obst** fruit
obwohl *conj.* although
öde *adj.* dreary
oder *conj.* or
der **Ofen** stove
offen *adj.* open
offenbaren *w.* reveal
öffentlich *adj.* public
der **Offizier** (army *or* navy) officer
öffnen *w.* open
die **Öffnung** opening, orifice
oft *adv.* (*comp.* **"er**, *sup.* **"est**) often, frequently; **so oft auch** no matter how often
ohne *prep. with acc.* without
das **Ohr** ear
ölig *adj.* oily, oleaginous
das **Opfer** sacrifice
opfern *w.* sacrifice
ordnen *w.* set in order, classify; **ordnen . . . an** *see* **anordnen**
die **Ordnung** order, arrangement, organization; **in Ordnung bringen** fix, arrange, put in order
der **Ort** place, locality
örtlich *adj.* local
die **Ortschaft** (inhabited) place
der **Ost(en)** east
östlich *adj.* eastern
die **Ostsee** Baltic Sea
ostwestlich *adj.* from east to west

P

das **Paar** pair, couple; **ein paar** a few; alle paar every few
die **Packungsarbeit** work of packing
paktieren *w.* settle (matters), make an agreement
das **Palais** palace
das **Papier** paper
der **Papierdrache** paper kite
die **Papierlage** layer of paper
die **Papierscheibe** paper card (of the compass)
der **Papierstreif(en)** strip of paper
der **Parallelkreis** parallel
der **Parallelweg** parallel way (road)
die **Partei** party, faction
der **Parteiführer** party leader
der **Parteikampf** party strife
die **Partie** part
passend *adj.* suitable, convenient; *sup. adv.* **am passendsten** most appropriately
die **Pause** pause
die **Peitsche** whip, lash
der (das) **Pendel** pendulum
die **Persönlichkeit** personality, person
der **Pfarrer** parson, minister
pfeilschnell *adj.* as swift as an arrow
das **Pferd** horse
das **Pferdefuhrwerk** cart, wagon, car (drawn by horses)
die **Pflanze** plant
das **Pflanzeneiweiß** vegetable albumen
die **Pflanzenkost** vegetable diet
das **Pflanzenreich** vegetable kingdom
der **Pflanzenteil** part of a plant
die **Pflanzenwelt** vegetable kingdom
pflanzlich *adj.* vegetable
pflanzreich *adj.* rich in vegetation
pflegen *w.* be wont to, be usually the case; cultivate
die **Pflicht** duty
der **Pflug** plow
die **Pflugführung** plowing
phantasiereich *adj.* imaginative
der **Phantast** fantastic person, dreamer, visionary
die **Phase** phase
der **Philosoph** philosopher
phosphorsauer *adj.* phosphorous
die **Physik** physics
der **Physiker** physicist (*not* phy sician)
das **Pistill** pestle
die **Pistole** pistol
der **Plan** plan, project
planvoll *adj.* carefully planned
die **Platinkugel** platinum ball (globe)
die **Platinspitze** platinum point
platt *adj.* flat
der **Platz** place, room
plötzlich *adj.* sudden
der **Pol** pole
die **Polabplattung** oblateness
das **Polarlicht** polar lights, aurora borealis
der **Polarstern** polestar
der **Poldraht** pole wire
poliert *adj.* burnished, smooth
die **Polseite** side of the pole
porös *adj.* porous

das **Porzellan** porcelain
die **Post** post, post office, postal administration
der **Posten** item
die **Pottasche** potash
die **Pracht** magnificence
prächtig *adj.* splendid
prachtvoll *adj.* splendid
das **Präparat** preparation, compound
präpariert *adj.* prepared
prasselnd *adj.* crackling, rattling
predigen *w.* preach
der **Preis** price, prize
die **Preisausschreibung** prize competition
die **Preislokomotive** prize locomotive
der **Preisrichter** awarder of prizes, umpire
die **Preisvorstellung** conception (idea) of prices
die **Presse** press, newspapers
pressen *w.* press
die **Pressung** pressing
der **Priester** priest
priesterlich *adj.* priestly
die **Priesterschaft** priesthood
das **Prinzip** principle
der **Privatbeamte** official (in private enterprises, banks, etc.)
die **Privatunternehmung** private (*not* state) enterprise
das **Privileg** privilege, license, charter
die **Probefahrt** trial trip
das **Probierröhrchen** test tube
die **Produktionskraft** productive power
das **Produktionsmittel** means of production
proletarisiert *adj.* proletarian
prophezeien *w.* prophesy
die **Prophezeihung** prophecy, prediction
der **Prozeß** procedure, operation, working
prüfen *w.* examine, test
der **Prüfstein** touchstone, test, criterion
die **Prüfung** test, examination, investigation
die **Psyche** soul
das **Pulver** powder
das **Pulvermagazin** powder magazine
die **Pumpe** pump
der **Punkt** point, spot
die **Pupille** pupil (of the eye)
purpurblau *adj.* purple blue
die **Purpurfarbe** purple

Q

das **Quadrat** square
die **Quadratmeile** square mile
quaken *w.* croak
die **Qual** torture
das **Quecksilber** quicksilver, mercury
die **Quecksilberfüllung** filling of mercury
die **Quecksilbersäule** column of mercury
die **Quelle** source, spring
quer *adj.* transversal; *adv.* crosswise
die **Querrichtung** transversal direction
die **Querscheidewand** transverse septum

R

rabenschwarz *adj.* raven-black
das **Rad** wheel
die **Radachse** axletree
der **Rahmen** frame
raketenartig *adv.* like a sky-rocket
der **Rand** edge, brim, brink, border, margin
rasch *adj.* swift, rapid
die **Rasse** race, stock
rastlos *adj.* restless
der **Rat** advice
die **Rationalisierung** rationalizing, rationalization
ratlos *adj.* perplexed
rätselhaft *adj.* enigmatical
rauben *w.* steal, deprive of
die **Rauchsäule** pillar (column) of smoke
die **Rauchwolke** cloud of smoke
rauh *adj.* rough
die **Rauhung** carding
der **Raum** space, room, place
die **Raumeinheit** unit of space
der **Raumteil** spatial part
die **Rechenschaft** account; **Rechenschaft geben über** account for
rechnen *w.* count; **rechnen dazu** include in it
das **Rechnen** counting, calculation
die **Rechnung** calculation, computation
recht *adj.* right, correct; *adv.* rightly, (*before an adj. or adv.*) very
das **Recht** right, law; **mit Recht** by right, justly
rechtfertigen *w.* justify
rechtlich *adj.* legal, before the law
die **Rechtsform** legal form
die **Rechtsgleichheit** equality before the law
der **Rechtssinn** appreciation (sense) of right
die **Rechtweisung** rectification
rechtwinkelig *adj.* rectangular
rechtzeitig *adj.* taken at the right time
die **Rede** speech, discourse; **die Rede ist von** the question is about
reden *w.* speak, talk
rege *adj.* astir, moving
die **Regel** rule; **in der Regel** as a rule
regelmäßig *adj.* regular
der **Regen** rain
der **Regenguß** shower
regieren *w.* rule, control
die **Regierung** government
die **Regulierung** regulation, adjustment
das **Reiben** friction
die **Reibung** friction
reich *adj.* rich; die **Reichen** rich people
das **Reich** empire
reichlich *adj.* plentiful, abundant; *adv.* copiously
der **Reichtum** riches, wealth
die **Reihe** series, number, succession
die **Reihenfolge** sequence
rein *adj.* pure, clear, mere
das **Reinhalten** cleanliness, keeping clean
die **Reinheit** purity

reinigen *w.* clean, cleanse
die **Reise** journey
der **Reisende** traveler, passenger
das **Reizmittel** stimulant
der **Religionsanfang** beginning of religion
die **Religionsvorstellung** conception of religion
die **Reparatur** repairing, repairs
repräsentieren *w.* represent
der **Rest** rest, remainder, residue
resultatlos *adj.* without result
retten *w.* save
richten *w.* direct, regulate; *refl.* be directed
richtig *adj.* right, correct
die **Richtigkeit** correctness
die **Richtkraft** guiding power
die **Richtung** direction
der **Riese** giant
riesenhaft *adj.* gigantic, immense
die **Riesenunternehmung** gigantic (colossal) enterprise
riesig *adj.* gigantic
das **Riff** reef
riffbildend *adj.* reef-forming, reef-building
das **Rindvieh** (horned) cattle
der **Ring** ring
das **Ringen** struggle, contest
die **Ringfaser** annular fiber
ringförmig *adj.* annular
ringsum *adv.* round about
der **Riß** rent, fissure
der **Rogenstein** oölite
roh *adj.* raw, rough
das **Rohr** tube
das **Röhrchen** little tube
die **Röhre** tube
der **Rohstoff** raw material
die **Rolle** part, rôle
das **Rollen** rolling, rumbling
rollend *adj.* rolling, rumbling
der **Roman** romance, novel
die **Rose** rose
der **Rost** fire grate
rostig *adj.* rusty
rot *adj.* red
das **Rotationsgesetz** law of rotation
rotgelb *adj.* reddish yellow
die **Rotglut** red glow
rötlich *adj.* reddish
der **Ruck** sudden push
rücken *w.* move; **rücken näher** draw near
der (das) **Rückgrat** spine
die **Rücksicht** regard, respect
der **Rückstand** residue
die **Rückstauung** recoil, rebound
die **Rückwand** back wall, rear partition
rückwärts *adv.* backwards
das **Rückwärtsgehen** retrograde movement
der **Rückweg** return
ruckweise *adv.* by jerks, intermittently
die **Rückwirkung** reaction
der **Rückzug** retreat
der **Ruf** call, invitation
rufen *str.* call; **rufen hervor** call forth
die **Ruhe** rest, repose, quiescence
ruhen *w.* rest, (of a volcano) be quiescent; be based
ruhig *adj.* quiet, calm
der **Ruhm** glory
rundlich *adj.* roundish
rundum *adv.* all around
die **Rußkohle** sooty coal

S

die **Sache** thing, matter, affair
der **Sack** sack, bag, pocket
der **Saft** juice
die **Sage** legend, fable
sagen *w.* say
die **Salinenindustrie** salt industry
das **Salinenwesen** salt industry
der **Salpeter** saltpeter, niter
der **Salpeterkonsument** consumer of saltpeter
salpetrig *adj.* nitrous
das **Salz** salt
das **Salzlager** saline deposit
die **Salzsäure** hydrochloric acid
das **Salzwasser** salt water
sammeln *w.* collect; *refl.* accumulate
die **Sammlung** collection(s)
samt *prep. with dat.* together with
sämtlich *adj.* all
der **Sand** sand
sandig *adj.* sandy
der **Sandstein** sandstone
sank *see* **sinken**
der **Satz** sentence, proposition
sauer *adj.* sour, acid
der **Sauerstoff** oxygen
das **Sauerstoffgas** oxygen gas
die **Säule** pillar; pile
das **Säulenstück** fragment of a pillar
die **Säure** acid
sausen *w.* whiz, roar
die **Schachtel** box
schaden *w.* hurt, do harm
der **Schaden** damage, prejudice
schadhaft *adj.* damaged
schädlich *adj.* injurious, hurtful
schaffen *str.* create, produce, make
die **Schafschur** sheepshearing
die **Schale** cup, bowl
schälen *w.* peel
der **Schall** sound
die **Schallwelle** sound wave
das **Schaltier** shellfish, crustaceous animal
scharf *adj.* sharp, accurate, distinct
der **Scharfblick** acuteness, keen observation
scharfsinnig *adj.* discerning, ingenious
der **Schatten** shadow, shade
die **Schattenseite** dark side
schätzen *w.* esteem, appreciate; estimate
die **Schätzung** estimate
schauerlich *adj.* ghastly, gruesome
der **Schauerregen** shower, storm
das **Schauspiel** spectacle, sight
die **Scheibe** disk, wheel
scheiden *str.* separate
die **Scheidewand** septum
scheinbar *adj.* apparent
scheinen *str.* seem, appear
der **Schellack** shellac
der **Schenkel** leg
der **Schenkelmuskel** crural muscle
der **Schenkelnerv** crural nerve
schenken *w.* give, bestow
die **Schicht(e)** layer, bed, stratum; (social) class
der **Schichtenkomplex** complex stratification
die **Schichtmasse** layer, stratum
das **Schichtsystem** stratification
das **Schicksal** fate
die **Schickung** fate
schieben *str.* push, shove
der **Schieber** slide valve
die **Schieberänderung** changed movement of the slide valve

die **Schieberstange** valve rod
das **Schiedsgericht** court of arbitration
das **Schiedsgerichtsverfahren** procedure by arbitration
schiedsrichterlich *adj.* as courts of arbitration, arbitral
der **Schiefer** slate, schist
die **Schieferkohle** slaty coal
die **Schiene** rail
die **Schienenbahn** track, railway
das **Schieneng(e)leise** track, rails
der **Schienenweg** track, railway
schießen *str.* shoot
das **Schießen** shooting forth
das **Schießpulver** gunpowder
das **Schiff** ship
dic **Schiffahrt** navigation
das **Schiffchen** little boat, skiff
der **Schiffer** mariner, sailor
der **Schiff(s)bau** shipbuilding
der **Schiffskessel** ship's boiler
der **Schiffslieutenant** ship's lieutenant
der **Schiffsverkehr** maritime traffic
das **Schiffsvolk** crew
schildern *w.* describe
die **Schilderung** description
der **Schlaf** sleep
der **Schlag** blow; stroke (of lightning), peal (of thunder); **mit einem Schlage** at once
schlagen *str.* strike, slay, beat, conquer
schlägt . . . ein *see* **einschlagen**
der **Schlamm** mud, slime
die **Schlammlawine** avalanche of mud
der **Schlammstrom** stream of mud (mire)
die **Schlange** snake, serpent
schlecht *adj.* bad, poor
die **Schleimhaut** mucous membrane
schleudern *w.* hurl
die **Schlichtung** dressing
schließen *str.* close, conclude; *refl.* close, form; **sich schließen . . . an** *see* **anschließen**; **läßt sich schließen** can be concluded (inferred)
schließlich *adv.* finally
schlimm *adj.* bad; **am schlimmsten** worst
das **Schloß** castle
die **Schlucht** ravine, gorge
das **Schlucken** swallowing
schlug *see* **schlagen**
schlummern *w.* slumber, lie dormant
der **Schlund** chasm; crater
der **Schluß** end, conclusion
schmachten *w.* languish
schmecken *w.* taste
schmelzen *str.* melt, fuse
das **Schmelzen** melting (point)
der **Schmelzpunkt** melting (fusing) point
die **Schmelzung** liquefaction
die **Schmerzempfindung** painful sensation
der **Schmiedegott** god of smiths
schmilzt *see* **schmelzen**
der **Schmuck** ornament
schmücken *w.* adorn, decorate
schmutzig *adj.* dirty
der **Schnee** snow
schneebedeckt *adj.* snow-clad
die **Scheedecke** snow covering
die **Schneemasse** mass of snow
das **Schneewasser** snow water, slush

schnell *adj.* quick, rapid; *adv.* rapidly, soon
die **Schnelle** swiftness
schnellen *w.* toss (hurl) up
die **Schnelligkeit** rapidity
die **Schnur** string
schob *see* **schieben**
schon *adv.* already
schön *adj.* beautiful; *sup. adv.* **am schönsten** in the most beautiful manner
der **Schöpfer** creator
die **Schöpfung** creation
der **Schoß** bowels (of the earth)
schräg *adj.* slanting, diagonal
der **Schrecken** terror
schreckhaft *adj.* terrible
schrecklich *adj.* terrible
die **Schreibarbeit** writing, work of writing
schreiben *str.* write
das **Schreien** shouting
schreiten *str.* stride; **vorwärts schreiten** advance; **schreiten zu** proceed to demand
die **Schrift** writing, publication
die **Schriftsprache** literary language, written language
der **Schriftsteller** writer, author
der **Schriftzug** written character
schritt *see* **schreiten**
der **Schritt** step; **Schritt für Schritt** step by step
schroff *adj.* rugged, precipitous
das **Schrumpfen** shrinking
schuf *see* **schaffen**
die **Schulanstalt** educational institution
die **Schulbildung** school education, schooling
der **Schuldienst** school service
die **Schule** school
der **Schüler** pupil, scholar
die **Schulverwaltung** school administration
schütteln *w.* shake
der **Schutthaufen** rubbish heap, ruins
der **Schutz** protection
schützen *w.* guard, protect
die **Schutzvorrichtung** device (contrivance) for protection
schwach *adj.* weak, feeble; slight; **der Schwache** weak (weak-minded) person
schwächlich *adj.* frail, delicate
das **Schwalbennest** swallow's nest
schwanken *w.* totter; fluctuate
das **Schwanken** rocking, trembling
die **Schwankung** rocking, oscillation, fluctuation
schwarz *adj.* black
schwärzen *w. refl.* blacken, grow black
schwarzgefärbt *adj.* black-colored, dark-colored
schwärzlich *adj.* blackish
schweben *w.* hover; be present
schwebend *adj.* floating
schwedisch *adj.* of Sweden, Swedish
der **Schwefel** sulphur
der **Schwefeldampf** sulphur fumes
der **Schwefelgeruch** sulphurous smell
die **Schwefelkugel** sulphur ball (globe)
die **Schwefelsäure** sulphuric acid
schweflich *adj.* sulphurous
das **Schweigen** silence
die **Schweiz** Switzerland

schweizerisch *adj.* Swiss
schwelgen *w.* revel
schwer *adj.* heavy, hard, difficult, great; *sup. adv.* **aufs schwerste** in the most serious (dangerous) manner
die **Schwere** weight, heaviness
schwerlich *adv.* hardly
der **Schwerpunkt** center of gravity
schwierig *adj.* difficult; **schwierig gehen** be done with difficulty
die **Schwierigkeit** difficulty
schwimmen *str.* swim, float
schwingen *str.* swing, oscillate
die **Schwingung** vibration, oscillation
die **Schwingungserscheinung** vibratory phenomenon
schwül *adj.* sultry, close
das **Schwungrad** flywheel
sechs *num.* six
das **Sechstel** sixth (part)
die **Sedimentärbildung** sedimentary formation
die **Sedimentärformation** sedimentary formation
der **See** lake
die **See** sea
das **Seebeben** seaquake
seefahrend *adj.* seafaring
der **Seefahrer** seafarer
die **Seefracht** freight transported by sea
die **Seele** soul
die **Seemeile** nautical mile
die **Seereise** voyage
der **Segen** blessing
segensreich *adj.* blessed, lucky, beneficial
die **Sehempfindung** perception (sensation) of light
sehen *str.* see; **sehen nach** look at
das **Sehen** seeing, vision; **Sehen in** looking at
die **Sehgrube** fovea centralis, yellow spot
der **Sehnerv** optic nerve
sehr *adv.* very, very much, closely
sei *see* **sein**
die **Seide** silk
seiden *adj.* silken
der **Seidenfaden** silk thread
der **Seidenstoff** silk material
sein *irr.* be, exist
seinerseits *adv.* on his (its) part
seit *conj. and prep. with dat.* since
seitdem *adv.* since that time
die **Seite** side; **nach dieser Seite hin** in this direction; **von seiten** on the part of
die **Seitenspalte** vent, flank of the mountains
die **Seitenwand** side wall
seitlich *adj.* lateral
seitwärts *adv.* laterally, sideways
sekundieren *w.* accompany
selbst *intensive pron.* self; **Sie selbst** you yourself; *adv.* even
selbständig *adj.* independent
selbstbewußt *adj.* self-conscious
selbstgewählt *adj.* self-elected
selbstregistrierend *adj.* self-registering
selbstverständlich *adj.* self-evident; *adv.* as a matter of course
selten *adj.* rare; *adv.* seldom
die **Seltenheit** rarity
senken *w. trans.* sink; *refl.* sink, subside
senkrecht *adj.* vertical
die **Senkung** depression
seßhaft *adj.* domiciled, settled

setzen *w.* put, place, arrange; **sich setzen an** join
sicher *adj.* secure; **sich sicher stellen** secure one's self; **das Sicherste** the safest contrivance
die **Sicherheit** security, certainty
das **Sicherheitsventil** safety valve
sicherlich *adv.* certainly
sichern *w.* safeguard, secure
die **Sicherung** safeguarding, protection
sichtbar *adj.* visible
das **Sieb** sieve
siebzig *num.* seventy
sieden *str.* boil
der **Siedepunkt** boiling point
der **Sieg** victory
der **Siegellack** sealing wax
die **Siegellackstange** stick of sealing wax
siegreich *adj.* victorious
sieht *see* **sehen**
das **Silber** silver
das **Silberoxyd** oxide of silver
sinken *str.* sink, fall; (of the sun) set; **die Hoffnung sinken lassen** give up hope
das **Sinken** sinking
der **Sinn** meaning, sense, perception
sinnreich *adj.* ingenious
die **Sitte** custom; *pl.* morals
sittlich *adj.* moral
der **Sklave** slave
der **Sklavenaufstand** uprising of the slaves
die **Sklavenschar** horde of slaves
die **Sklaverei** slavery
das **Smaragdgrün** emerald green
so *adv.* so, in this way, then
sobald *adv.* so soon
die **Sodafabrik** soda works
sodann *adv.* then, afterwards
sofort *adv.* at once
sog. = **sogenannt**
sogar *adv.* even
sogenannt *adj.* so-called
der **Sohn** son
solch *adj.* such
der **Soldat** soldier
sollen *modal aux.* shall, be obliged to, have to; *cf. note to page* **48** 10
somit *adv.* therefore
der **Sommer** summer
sonach *adv.* therefore
sondern *w.* separate, sunder
sondern *conj.* but; *it is used only after a negative*
die **Sonne** sun
der **Sonnenfleck(en)** sun spot
sonnenhell *adj.* as bright as sunshine
das **Sonnenlicht** sunlight
der **Sonnenstrahl** sunbeam
das **Sonnensystem** solar system
sonst *adv.* else, otherwise; **sonst etwas** something else
sonstig *adj.* other
die **Sorge** care, apprehension
sorgen für *w.* care for, attend to
die **Sorgfalt** carefulness
sorgfältig *adj.* careful
die **Sortierung** sorting, assortment
soviel *adv.* as much
soweit als *conj.* as far as
sowie *adv.* as well as
sowohl . . . als *conj.* as well . . . as
der **Spalt** fissure, crevice
das **Spaltenthal** crevassed valley
die **Spaltung** cleavage
der **Span** stick of wood
die **Spanne** brief space (of time)

spannen *w.* stretch, tighten
die **Spannkraft** tension, expansion
die **Spannung** tension, expansion
die **Spannungsreihe** extension series
das **Spannungsverhältnis** condition of tension
spärlich *adj.* scanty
die **Sparsamkeit** economy, thriftiness
spät *adj.* late; *comp. adv.* **später** later, afterwards
der **Spaten** spade
späterhin *adv.* later on
spätrömisch *adj.* late Roman; **das spätrömische Reich** latter part of the Roman empire
die **Speise** food, nourishment
speisen *w.* feed, supply
die **Spezialtätigkeit** special (specialized) activity
das **Spiegelglas** plate glass
das **Spiel** play, game; process, work
spielen *w.* play
die **Spielerei** plaything
die **Spindel** spindle, distaff
das **Spinnereiprodukt** product of the spinning mill
die **Spinnmaschine** spinning machine (jenny)
der **Spinnstuhl** spinning frame
spiralförmig *adj.* spiral-like
die **Spirituslampe** alcohol lamp
spitz *adj.* pointed
die **Spitze** point, pointed end; peak; apex
spotten *w.* mock at; **jeder Beschreibung spotten** beggar (defy) all description
die **Sprache** language, speech
sprechen *str.* speak; **sprechen für** speak for, favor
das **Sprechen** speaking, talking
sprengen *w.* burst
der **Sprengspalt** crevasse
spricht *see* **sprechen**
springen *str.* crack; leap, bound; **springen über** flash across
springend *adj.* salient
der **Springquell** fountain
der **Sprung** crack; leap, bound
spuken *w.* haunt, go about like a ghost
die **Spur** trace
spüren *w.* trace, feel, notice
spurlos *adv.* without leaving a trace (discovering anything)
der **Staat** state, government
die **Staatenwelt** world (multitude) of states
staatlich *adj.* public, governmental
die **Staatsausdehnung** expansion of states
der **Staatsbeamte** government official
der **Staatsbetrieb** governmental management (of business, etc.)
der **Staatsbürger** citizen
der **Staatsdienst** public service
die **Staatseinrichtung** state institution
das **Staatseisenbahnwesen** state railroads
das **Staatsgebilde** governmental organization
das **Staatsleben** political life
der **Staatsökonom** political economist
das **Staatsunternehmen** state enterprise

die **Staatsverfassung** political constitution
stabförmig *adj.* rod-shaped
das **Stadium** stadium, course, stage
die **Stadt** city
der **Städtebau** building of cities
der **Stahl** steel
stählern *adj.* (made of) steel
der **Stahlschlüssel** steel key
der **Stahlstab** steel rod (bar)
der **Stahlteil** part of steel
der **Stamm** tribe
das **Stämmchen** small trunk (stock)
stammen *w.* originate, spring
der **Stand** position, condition, situation; **in den Stand setzen** enable; **im Stande sein** be enabled, be capable
standen *see* **stehen**
ständen *see* **stehen**
die **Stange** pole, bar, rod
starb *see* **sterben**
stark *adj.* (*comp.* **"er**, *sup.* **"st**) strong, powerful; great; much; (of singing) loud
die **Stärke** strength; starch
die **Stärkung** invigoration, restorative
starr *adj.* stiff
die **Starrheit** rigidity
statt *prep. with gen.* instead of; **statt . . . zu** instead of (*followed by an infinitive, which is translated by a verbal noun in -ing*)
stattfinden *str.* take place
die **Statue** statue
der **Staub** dust, powder
stecken *irr.* stick, be embedded
stehen *irr.* stand
steigen *str.* ascend, rise
steigern *w.* increase
die **Steigerung** increase
die **Steigung** gradient
steil *adj.* steep
der **Stein** stone
der **Steinbau** stone building
die **Steinform** stony form
die **Steinkohle** (mineral) coal
das **Steinöl** petroleum
das **Steinsalz** rock salt
die **Steinwaffe** stone weapon
das **Steinwerkzeug** stone tool
die **Stelle** spot, place, position
stellen *w.* place, put, arrange; **sich die Aufgabe stellen** make it their task (aim); **Fragen stellen** ask questions
stellenweise *adv.* in places, here and there
die **Stellung** position, employment
der **Stempel** stamp
die **Steppe** steppe
das **Sterbejahr** year of death
sterben *str.* die
das **Sterben** dying, death
der **Stern** star
die **Sternbeobachtung** observation of the stars
stet *adj.* continuous
stetig *adj.* steady, continuous
stets *adv.* always
die **Steuergleichheit** equality of taxes
der **Steuermann** helmsman, man at the wheel
der **Stickstoff** nitrogen
stiften *w.* establish
still *adj.* quiet, still; **still stehen** stand still; **stiller Ocean** Pacific Ocean
die **Stimme** voice, opinion
stimmen *w.* harmonize

das **Stimmrecht** franchise, suffrage
der **Stock** chief stock, central mass; reef
stocken *w.* stop, cease to flow
der **Stoff** substance, matter, material
stofflich *adj.* material
die **Stoffscheidung** analysis
die **Stoffverbindung** amalgamation, synthesis
stolz *adj.* proud
der **Stolz** pride
stören *w.* disturb
die **Störung** disturbance
der **Stoß** impact, shock, concussion; throb, pulsation
stoßen *str.* push, knock; **stoßen auf** encounter
der **Stoßpunkt** point of impact
der **Strahl** ray, beam
das **Strahlenband** band of rays
strahlend *adj.* radiating
strahlenförmig *adj.* radiating
der **Strahlenkranz** ciliary body
die **Strahlenrichtung** direction of the rays
der **Strand** shore
die **Straße** street, road
streben *w.* (**nach**) strive (after, for)
das **Streben** striving, aspiration, exertion
die **Strecke** section, tract of land, line of a railroad; distance
streiten *str. refl.* (**um**) quarrel (about)
streitig *adj.* contestable; **streitig machen** dispute
streng *adj.* severe, exact
der **Strich** line, mark, point
das **Stroh** straw
der **Strom** stream, current
strömen *w.* stream, flow
die **Stromentwickelung** evolution (development) of currents
die **Strömung** current
das **Stück** piece
das **Stückchen** little piece
studieren *w.* study
das **Studium** study
die **Stufe** step, degree, stage
stumpf *adj.* blunt, edgeless
die **Stunde** hour
der **Sturm** storm
stürzen *w.* rush
die **Stütze** support, assistance
Stütze suchen be based on (supported by)
stützen *w.* support
der **Stützpunkt** point of support
suchen *w.* seek, look for; try, attempt
der **Süd(en)** south
südlich *adj.* southern
das **Südlicht** southern light
der **Südpol** south pole
die **Südwestküste** southwest coast
die **Summe** sum, amount, total
der **Sumpf** swamp
sumpfig *adj.* swampy, marshy
süß *adj.* sweet
systematisch *adv.* systematically

T

der **Tag** day; **sich an den Tag legen** become manifest; **zu Tage treten** appear
der **Tagelöhner** day laborer
die **Tageszeit** time of the day
täglich *adj.* daily
tagtäglich *adv.* every day

der (das) **Tagthermometer** day thermometer
der **Talrand** border of a valley
der **Tarifvertrag** agreement as to wages
tatkräftig *see* t(h)atkräftig
die **Tatsache** *see* T(h)atsache
tauchen *w.* dip
tauglich *adj.* fit
die **Täuschung** deception
tausendfach *adv.* a thousandfold
technisch-wirtschaftlich *adj.* technical-economic
der **Teil** part
das **Teilchen** little part, particle
teilen *w.* divide, share
teilhaben *w.* share; partake
die **Teilnahme** interest, participation
teilnehmen *str.* take part, share, participate
teils *adv.* partly
die **Teilungsstelle** place of division
teilweis *adj.* partial
teilweise *adv.* in part
der **Telegraphendraht** telegraph wire
der **Tempel** temple
der **Tempelbau** temple building
die **Temperaturgrenze** limit of temperature
die **Temperaturveränderung** change of temperature
das **Terrain** ground
das **Terrainverhältnis** condition of the ground (soil)
die **Terrasse** terrace
teuer *adj.* dear, costly
das **T(h)al** valley
der **T(h)algrund** bottom of a valley
die **T(h)at** fact; **in der T(h)at** indeed
t(h)ätig *adj.* active
die **T(h)ätigkeit** activity
t(h)atkräftig *adj.* energetic
die **T(h)atsache** fact
t(h)atsächlich *adj.* actual
der **Thee** tea
das **Theeglas** tea glass
die **Thermometerröhre** thermometer tube
der **T(h)on** clay
t(h)onig *adj.* made of clay, earthen
die **T(h)onschicht** clay bank
die **T(h)räne** tear
der **T(h)ränenapparat** lachrymal apparatus
der **T(h)ränenkanal** lachrymal canal
t(h)un *irr.* do
tief *adj.* deep; *sup. adv.* **aufs tiefste** most deeply (thoroughly)
die **Tiefe** depth
die **Tiefebene** low plain, lowlands
tieferliegend *adj.* more deep-seated
tiefrotgefärbt *adj.* of a deep (dark) red color
die **Tiefsee-Ablagerung** deep-sea deposit
das **Tier** animal
die **Tierernährung** feeding (nutrition) of animals
tierisch *adj.* animal
die **Tierkrankheit** disease of animals
die **Tiermaschine** machine worked by animals
das **Tierreich** animal kingdom
die **Tierreste** *pl.* remains of animals
die **Tierwelt** animal kingdom

die **Tierzähmung** taming of animals
der **Tisch** table
toben *w.* rage
der **Tod** death
tod(t) *adj.* dead
toll *adj.* mad, frantic
der **Ton** *see* **T(h)on**
die **Tonne** tun
das **Tonverhältnis** relation of sounds
der **Torf** turf
töten *w.* kill
träge *adj.* idle
tragen *str.* bear
der **Träger** bearer, holder, leader
die **Tragfähigkeit** carrying (supporting) power
die **Tragkraft** carrying (supporting) power
das **Transportmittel** means of transportation
trat *see* **treten**
das **Traumgebäude** vision, phantom
treffen *str.* strike, meet; make
die **Treibachse** driving axle
treiben *str.* drive, push
das **Treibrad** driving wheel
die **Treibräderachse** axle of the driving wheels
trennen *w.* separate
die **Trennungsstelle** place of separation
treten *str.* step, enter upon; **treten . . . an** approach, assume; **treten . . . auf** appear; **treten . . . zu** be added
treulos *adj.* faithless
trifft *see* **treffen**
tritt *see* **treten**
trocken *adj.* dry
das **Tröpfchen** little drop
trotz *prep. with gen. or dat.* in spite of
trotzdem *conj.* in spite of the fact that
trübe *adj.* troubled, turbid
trügerisch *adj.* deceitful
die **Trümmer** *pl.* fragments, ruins
das **Trümmergestein** fragments of rock
der **Trümmerhaufen** heap of ruins
tüchtig *adj.* efficient, excellent
die **Tüchtigkeit** fitness, efficiency
tun *see* **t(h)un**
der **Turm** tower
turmhoch *adj.* as high as a tower, towering; *in inflected forms c is dropped* (*cf.* **hoch**)
die **Turmspitze** top of a steeple

U

der **Übelstand** inconvenience
üben *w.* exert
über *prep. with dat. or acc.* over, about, concerning; *adv.* over, more than
überall *adv.* everywhere
das **Überangebot** oversupply
überaus *adv.* exceedingly
überbieten *str.* surpass
der **Überblick** general view, survey
übereinander *adv.* one over another
übereinkommen *str.* agree
übereinstimmen *w.* agree
die **Übereinstimmung** conformity
der **Überfluß** abundance
überflüssig *adj.* superfluous
überfluten *w.* overflow, inundate
überflutet *adj.* inundated, flooded

überführen *w.* transfer
die **Überführung** transmission
die **Übergabe** surrender
der **Übergang** transition
das **Übergangsgebirge** transition rocks
übergehen *irr.* go over, take up; assume; pass over, hand over
überhaupt *adv.* at all
überholen *w.* surpass
überkommen *str.* get over, pass through; obtain
überlagern *w.* overlay, cover
überlassen *str.* give over, leave; *past part.* **überlassen** left free
überlegen *adj.* superior, supreme
die **Überlegung** thought, consideration
überliefern *w.* deliver
die **Überlieferung** tradition
übermäßig *adj.* excessive
die **Übernahme** taking charge of
übernatürlich *adj.* supernatural
übernehmen *str.* undertake
überragen *w.* overtop, tower up
überrascht *adj.* surprised
überreich *adj.* extremely rich
der **Überrest** remains, remnant, detritus
das **Überschlagen** darting (flashing) across
überschreiten *str.* pass beyond, surpass
die **Überschreitung** crossing
der **Überschuß** surplus
übersehen *str.* view, survey; overlook, neglect
die **Übersicht** view, survey
überspringen *str.* leap over
übersteigen *str.* transcend, exceed, mount
überstromen *w.* flow over, pass over
übertraf *see* **übertreffen**
übertragen *str.* transfer, transmit, give over
übertreffen *str.* surpass
übertreiben *str.* exaggerate
überwachen *w.* watch over
überwiegen *str.* predominate, outweigh
überwiegend *adj.* predominant, chief, overwhelming
überwinden *str.* overcome
überzählig *adj.* surplus of
überzeugen *w.* convince
überzeugt *adj.* convinced
die **Überzeugung** conviction
überziehen *str.* overlay, coat, cover
überzogen *adj.* covered, overlaid
üblich *adj.* usual, used
übrig *adj.* remaining, other; **übrig bleiben** be left over; **übrig geblieben** remaining
übrigens *adv.* however, moreover
das **Ufer** shore, bank
die **Uferstadt** coast city
die **Uhr** watch, clock
der **Uhrmacher** watchmaker
um *prep. with acc.* around, about, by; **um ebensoviel** by just as much; **um so . . . je** so much the . . . the; **um . . . zu** (*with infinitive*) in order to
die **Umänderung** transformation
umbilden *w.* transform, remodel
die **Umbildung** transformation
umdrehen *w.* turn around
die **Umdrehung** turning, rotation
der **Umfang** extent, size
umfassen *w.* embrace, include
umflossen *adj.* encircled
umformen *w.* transform

umgeben *str.* surround
die **Umgegend** surroundings
umgehen *irr.* go around, avoid; **umgehen mit** handle
umgekehrt *adj.* reverse, inverted; **das Umgekehrte** the reverse (opposite) action; *adv.* contrariwise
umgestalten *w.* transform
die **Umgestaltung** transformation
umgeworfen *see* **umwerfen**
umgiebt *see* **umgeben**
die **Umhüllung** cover, outside
umkehren *w.* turn round, reverse
der **Umkreis** circle, circuit
umkreisen *w.* encircle
umlagern *w.* surround
der **Umriß** outline, contour
umschließen *str.* encompass, inclose
umsehen *str. refl.* look about (around)
umsetzen *w.* transform
der **Umstand** circumstance
umständlich *adj.* complicated, troublesome
der **Umtausch** exchange
die **Umwallung** surrounding walls, inclosure by ramparts
umwälzen *w.* revolutionize
umwälzend *adj.* overthrowing, subverting
die **Umwälzung** revolution, violent upheaval
umwandeln *w.* change, transform
die **Umwandlung** transformation
umwerfen *str.* throw over (down)
das **Umwickeln** wrapping round
unabhängig *adj.* independent
die **Unabhängigkeit** independence
der **Unabhängigkeitskrieg** war of independence
unablässig *adj.* incessant
unaufhaltsam *adv.* irresistibly
unaufhörlich *adj.* unceasing
unausgebildet *adj.* not fully developed
unausgesetzt *adv.* constantly
die **Unbedeutsamkeit** insignificance
unbegrenzt *adj.* boundless
unbekannt *adj.* unknown
unbequem *adj.* inconvenient
unberechenbar *adj.* incalculable
unberechtigt *adj.* unjustified
unbeschränkt *adj.* unlimited, unrestricted
unbesiegbar *adj.* unconquerable
unbestimmt *adj.* indefinite
unbestreitbar *adj.* incontestable
unbeweglich *adj.* immovable
unbrauchbar *adj.* unserviceable
und *conj.* and
die **Undichtigkeit** lack of density
die **Unebenheit** inequality, unevenness
unecht *adj.* not genuine, base
unehrenhaft *adj.* dishonorable
unelektrisch *adj.* nonelectrical
unendlich *adj.* infinite
unentbehrlich *adj.* indispensable
unerfahren *adj.* inexperienced
unerforscht *adj.* unexplored, mysterious
unerheblich *adj.* inconsiderable
unerkannt *adj.* unknown
unermeßlich *adj.* immeasurable, immense
die **Unermüdlichkeit** indefatigability
der **Unfall** accident
die **Unfreiheit** want of liberty
ungeachtet *prep. with gen.* despite

ungefähr *adv.* about, nearly
ungeheuer *adj.* enormous
ungelöst *adj.* unsolved
ungemein *adj.* uncommon, extraordinary
ungemessen *adj.* unmeasured; **ins Ungemessene** immeasurably
ungenügend *adj.* insufficient
ungeschichtet *adj.* unstratified
ungestüm *adv.* impetuously
das **Ungewitter** thunderstorm
unglaublich *adj.* incredible
ungleich *adj.* unequal; *adv.* by far, incomparably
die **Ungleichheit** dissimilarity, unevenness
ungleichmäßig *adj.* unequal, unlike
ungleichnamig *adj.* unlike
unglücklich *adj.* unhappy, infelicitous
unheilverkündend *adj.* ominous
unheimlich *adj.* dismal, uncanny
die **Uniformierung** unification
unklar *adj.* not clear, obscure; **im Unklaren sein** be in uncertainty
unleidlich *adj.* unbearable
unmerkbar *adj.* imperceptible
unmittelbar *adj.* immediate
unmöglich *adj.* impossible; *adv.* not possibly
unnötig *adj.* unnecessary
unorganisch *adj.* inorganic
das **Unrecht** wrong; **mit Unrecht** wrongly
unregelmäßig *adj.* irregular
die **Unregelmäßigkeit** irregularity
unrichtig *adj.* incorrect; **das Unrichtige** incorrectness, mistake
die **Unruhe** restlessness
unruhig *adj.* restless
unsagbar *adj.* unspeakable, ineffable
unschätzbar *adj.* inestimable, invaluable
unscheinbar *adj.* insignificant-looking
unschuldig *adj.* innocent
unser *poss. adj. and pron.* our, ours
unsicher *adj.* insecure, precarious
der **Unsinn** nonsense
unsterblich *adj.* immortal
untätig *adj.* inactive
untauglich *adj.* unfit, impracticable
unteilbar *adj.* indivisible
unten *adv.* below
unter *prep. with dat. or acc.* under, below, by
der **Unterbeamte** subordinate functionary
die **Unterbrechung** interruption
unterbrochen *adj.* interrupted
unterdessen *adv.* in the meantime
der **Untergang** ruin, destruction
untergebracht *adj.* lodged
der **Untergrund** subsoil
unterhalb *adv.* below; *prep. with gen.* beneath, below
unterhalten *str.* maintain, keep up, sustain, support
die **Unterhöhlung** cavity, undermining, excavation
unterirdisch *adj.* subterranean
die **Unterlage** support; rails (of a railroad); underlying soil, substratum
unterlagern *w.* underlay; be placed beneath
unterlegen *w.* attach, ascribe, attribute
unterlegen *adj.* subject

unterliegen *str.* be subject to
unternehmen *str.* undertake
das **Unternehmen** enterprise, undertaking
der **Unternehmer** employer, contractor
die **Unternehmung** enterprise, undertaking
der **Unterrichtsgegenstand** branch of instruction
unterscheiden *str.* distinguish, discern
der **Unterschied** difference
unterstützen *w.* aid, maintain, support
die **Unterstützung** support, assistance
untersuchen *w.* investigate
die **Untersuchung** investigation
das **Untersuchungsgebiet** sphere of investigation
unterwerfen *str.* submit
die **Unterwerfung** subjugation
unterworfen *adj.* subject
ununterbrochen *adj.* uninterrupted
unveränderlich *adj.* unchangeable
unverändert *adj.* unchanged
unverbunden *adj.* unconnected, uncombined
unvereinbar *adj.* irreconcilable
unverkennbar *adj.* unmistakable
unverkümmert *adj.* unstinted
unverkürzt *adj.* uncurtailed, full
unvermischt *adj.* unmixed, pure
unvollkommen *adj.* imperfect
die **Unvollkommenheit** imperfection
unvollständig *adj.* imperfect
unwägbar *adj.* unweighable
unwandelbar *adj.* unchangeable
unwillkürlich *adj.* involuntary
unzählig *adj.* innumerable
die **Unze** ounce
unzerlegt *adj.* undecomposed, elementary
die **Unzerstörbarkeit** indestructibility
unzertrennbar *adj.* inseparable
die **Unzulänglichkeit** insufficiency, inadequacy
unzweckmäßig *adj.* inexpedient, impracticable
unzweifelhaft *adv.* undoubtedly
üppig *adj.* luxuriant
der **Urkeim** primitive germ
die **Ursache** cause, reason
der **Ursprung** origin
ursprünglich *adj.* original
das **Urteil** judgment, opinion
der **Urthonschiefer** original clay slate
die **Urzeit** primeval age
die **Utopie** utopian notion, vain fancy
utopisch *adj.* utopian, fantastic

V

vag *adj.* vague
der **Vater** father
das **Vaterland** native country, fatherland
die **Vaterstadt** native city
verabschieden *w.* dismiss
verallgemeinern *w.* generalize
die **Veränderbarkeit** ability to change
veränderlich *adj.* changeable
verändern *w.* change
die **Veränderung** change, variation, modification
veranlassen *str.* cause

verarbeiten *w.* work (mold)
verarbeitet *adj.* worked up (over)
die **Verarbeitung** manufacture
verarmt *adj.* impoverished
der **Verband** union, association
verbanden *see* **verbinden**
verbergen *str.* hide, conceal
verbessern *w.* better, improve on
verbessert *adj.* improved
die **Verbesserung** amelioration
verbilligen *w.* cheapen
die **Verbilligung** reduction in price
verbinden *str.* unite, combine
die **Verbindung** union, combination; **in Verbindung treten mit** form a connection with
die **Verbindungsstelle** point of contact (communication)
das **Verbindungsstück** brace, joint
der **Verbindungsweg** line of communication
verborgen *see* **verbergen**
verbrachte *see* **verbringen**
verbreiten *w.* spread
die **Verbreiterung** widening
verbreitet *adj.* diffused, dispersed; spread, extending
die **Verbreitung** extension, expansion
verbrennen *irr.* burn, consume
das **Verbrennen** combustion
die **Verbrennung** combustion
das **Verbrennungsgas** gas arising from combustion
der **Verbrennungsraum** place of combustion
verbringen *irr.* spend, pass
verdampfen *w.* evaporate
verdanken *w.* owe
die **Verdauung** digestion
das **Verderben** destruction
verderblich *adj.* destructive, disastrous
verdichten *w.* condense, solidify; *refl.* become condensed
die **Verdichtung** density, condensation
verdickt *adj.* thickened, coagulated
die **Verdickung** thickening
das **Verdienst** merit
verdoppeln *w.* double
verdrehen *w.* distort, twist
verdreifachen *w.* triple
verdrossen *adv.* with a bad grace
verdünnt *adj.* rarefied
verdunsten *w.* evaporate
die **Verdunstung** evaporation
die **Veredelung** refinement
verehren *w.* honor, venerate
die **Verehrung** veneration
der **Verein** society, club
vereinigen *w.* unite
die **Vereinigung** union, combination
die **Vereinigungsstelle** place of junction
das **Vereinsleben** trade-unionism
vereint *adj.* united
vereinzelt *adj.* single, individual, solitary; *adv.* in single cases
die **Verengerung** narrowing, contraction
das **Verfahren** proceeding, method
verfallen *str.* (*with dat.*) incur
verfallen *adj.* forfeited
die **Verfassung** constitution
verfehlt *adj.* wrong
die **Verfeinerung** refinement
die **Verfertigung** construction, making
verfinstern *w.* darken

verfolgen *w.* pursue, follow
die **Verfolgung** pursuance
verfügen *w.* arrange; **verfügen über** dispose of, have at one's command, deal with
vergangen *adj.* past
die **Vergangenheit** past (times)
vergebens *adv.* in vain
vergehen *irr.* elapse, pass away
das **Vergehen** passing away
vergessen *str.* forget
vergeuden *w.* squander
vergingen *see* **vergehen**
vergleichen *str.* compare
das **Vergleichen** comparison
die **Vergleichung** comparison
der **Vergleichungspunkt** point of comparison
die **Vergnügung** amusement
die **Vergoldung** gilding
vergrößern *w.* enlarge; *refl.* increase in size
die **Vergrößerung** increase
das **Verhallen** dying away
verhalten *str. refl.* behave, act; be
das **Verhalten** action
das **Verhältnis** proportion, relation, condition
verhältnis(ß)mäßig *adj.* proportionate
verhandeln *w.* treat, parley
die **Verhandlung** negotiation
das **Verhängnis** fate
verheerend *adj.* destructive
die **Verheerung** devastation
verheiratet *adj.* married
verhindern *w.* (an) prevent (from)
verhungern *w.* starve, die of starvation
verjagen *w.* expel
das **Verkaufsgeschäft** business of selling (goods)
der **Verkehr** traffic, commerce, trade communication
die **Verkehrsanstalt** commercial establishment
die **Verkehrseinrichtung** commercial organization
das **Verkehrsleben** commercial life
das **Verkehrsmittel** means of communication
die **Verkehrssprache** language of trade
die **Verkehrstätigkeit** activity of trade
verkehrt *adj.* inverted, reversed
verkennen *irr.* mistake; **nicht zu verkennend** unmistakable
verkittet *adj.* cemented
verkleinert *adj.* reduced in size
die **Verkleinerung** reduction, diminution
verknüpfen *w.* connect
die **Verknüpfung** connection, association
verkümmern *w.* pine away, become depraved
verkünden *w.* announce
verkürzen *w. refl.* shorten
verlangen *w.* demand, require
verlängern *w.* lengthen, prolong; *refl.* become longer, stretch out
die **Verlängerung** elongation
verlangsamen *w.* retard, delay
verlassen *str.* leave, abandon
verläßlich *adj.* reliable
der **Verlauf** course, progress; lapse
verleihen *str.* grant, give, bestow
verleugnen *w.* disavow

verlieren *str.* lose; **an Boden verlieren** lose ground; **verloren gehen** get lost
verlöschen *str.* become extinct
verlöten *w.* solder
der **Verlust** loss
das **Vermächtnis** bequest, legacy
vermag *see* **vermögen**
vermehren *w.* increase, augment, multiply
die **Vermehrung** increase
vermeiden *str.* avoid
vermeintlich *adj.* supposed
vermindern *w.* diminish
die **Verminderung** diminution
vermittelst *prep. with gen.* by means of
die **Vermittelung** interposition, intervention
vermögen *irr.* be able
das **Vermögen** power, capability (to attract); wealth
die **Vermögensverteilung** distribution of wealth
vermuten *w.* conjecture, surmise
die **Vermutung** supposition
vernachlässigen *w.* neglect, slight
die **Vernachlässigung** negligence
vernehmen *str.* hear, perceive
vernichten *w.* annul, annihilate, destroy
die **Vernichtungsscene** scene of destruction
vernimmt *see* **vernehmen**
die **Vernunft** reason
vernünftig *adj.* reasonable
veröffentlichen *w.* publish
verordnen *w.* prescribe
verpesten *w.* taint, fill with pestilential odor
verpönen *w.* prohibit, forbid
verrichten *w.* accomplish
verringern *w.* diminish
die **Verringerung** diminution
die **Versammlung** meeting
der **Versammlungsort** place of meeting
versank *see* **versinken**
verschaffen *w.* procure, obtain
verschieben *str.* displace; *refl.* get out of place, become disarranged
die **Verschiebung** shoving away, displacement
verschieden *adj.* different, various
verschiedenartig *adj.* of different kinds, heterogeneous
die **Verschiedenheit** difference, variety
verschiedentlich *adv.* in various ways
verschob *see* **verschieben**
verschoben *adj.* pushed away
die **Verschönerung** embellishment
verschwinden *str.* disappear
das **Verschwinden** disappearance; **im Verschwinden** disappearing
verschwindend *adj.* infinitesimal
verschwunden *adj.* vanished
versehen *adj.* provided
versenken *w.* submerge
versetzen *w.* transfer, place, put, set
versinken *str.* sink
das **Versinken** submersion, sinking
versöhnen *w.* reconcile
die **Versöhnung** reconciliation
versorgen *w.* provide
die **Verspinnung** spinning
versprechen *str.* promise
verstanden *see* **verstehen**
die **Verständigung** mutual understanding, agreement

verständlich *adj.* intelligible
verstärken *w.* strengthen
die **Verstärkung** strengthening, reënforcement
verstatten *w.* permit
verstehen *irr.* understand
die **Versteinerung** petrifaction
verstellen *w.* shift, move, remove
das **Verstürzen** plunging down
der **Versuch** attempt, experiment
versuchen *w.* try, attempt
die **Versuchung** temptation
verteilen *w.* distribute; *refl.* be divided
verteilend *adv.* distributively; **verteilend wirken** have a distributive effect
die **Verteilung** distribution, division
die **Verteilungswirkung** effect of distribution
verteuert *adj.* dearer, more expensive
die **Verteuerung** increase of prices
vertieft *adj.* depressed
die **Vertiefung** cavity
vertragen *str.* stand, endure, sustain
vertrocknen *w.* dry up
verunreinigen *w.* render impure
die **Verunreinigung** impure combination
verursachen *w.* cause
vervielfachen *w.* multiply, increase
vervollkommnen *str.* perfect, complete
die **Vervollkommnung** perfection
verwachsen *adj.* grown together, interlaced
verwandeln *w.* transform; *refl.* be changed
verwandt *see* **verwenden**
der **Verwandte** relative
die **Verwandtschaft** kinship, affinity, relationship
die **Verwebung** interweaving
verwechseln *w.* mistake
die **Verwendbarkeit** applicability
verwenden *irr.* bestow, use, apply, employ
die **Verwendung** appliance, use, application, employment
verwerfen *str.* reject
verwerten *w.* utilize
die **Verwertung** utilization
verwickelt *adj.* embroiled
verwirft *see* **verwerfen**
die **Verwirklichung** realization
verwischen *w. refl.* become effaced, vanish
die **Verwitterung** decomposition
verworren *adj.* confused
verwüsten *w.* devastate
verzehrend *adj.* consuming
verzeichnen *w.* note down, indicate
verzichten *w.* forego
verzweifeln *w.* despair
verzweigen *w. refl.* branch out
verzweigt *adj.* ramified
der **Vesuvgipfel** peak of Mt. Vesuvius
die **Viehzähmung** taming of animals
viel *adj.* much, many
vielbewundert *adj.* much-admired
vielerlei *adj.* many kinds of; many things, various remarks
vielfach *adj.* manifold; *adv.* many times, often
vielgefürchtet *adj.* greatly feared
vielgestaltet *adj.* multiform

vielleicht *adv.* perhaps
vielmehr *adv.* moreover, rather
auf das **Vieltausendfache** many thousand times
vier *num.* four
viereckig *adj.* four-cornered, quadrangular
vierwertig *adj.* tetravalent, quadrivalent
die **vierziger Jahre** the forties
das **Volk** people, nation
die **Völkerverbindung** connection between nations
die **Volksschule** public school
die **Volkswirtschaft** economics, industrialism
volkswirtschaftlich *adj.* social, economic, industrial
voll *adj.* full
vollenden *w.* accomplish, complete
vollends *adv.* besides, moreover
die **Vollendung** perfection, completeness
der **Vollgenuß** full enjoyment
völlig *adj.* entire, complete, full
vollkommen *adj.* perfect, complete, entire
die **Vollkommenheit** perfection
vollständig *adj.* complete
die **Vollständigkeit** completeness
vollziehen *str.* accomplish, complete; *refl.* take place, be consummated
vom = **von dem**
von *prep. with dat.* of, about, concerning, from, by
vor *prep. with dat.* before, in front of, (*referring to time*) ago
vorangehend *adj.* preceding
voranschreiten *str.* progress
voraus *adv.* before
vorausgehen *irr.* precede
voraushaben *w.* have the advantage of possessing
voraussetzen *w.* presuppose
die **Voraussetzung** supposition
vorbedacht *adj.* cautious
die **Vorbedingung** preliminary condition
vorbehalten *str.* reserve
vorbei *adv.* over, past
das **Vorbeifahren** passing by
vorbereiten *w.* prepare
das **Vorbild** model, standard
der **Vorbote** forerunner
vorder *adj.* front, frontal, anterior
der **Vorderteil** fore part; prow
vorerst *adv.* first of all, for the time being
der **Vorfahr** ancestor
die **Vorfrage** preliminary question
vorführen *w.* set forth, present
der **Vorgang** example, occurrence, proceeding, event, process
das **Vorgeben** pretext
vorgehen *irr.* proceed, go to work
vorgenommen *see* **vornehmen**
vorgeschrieben *adj.* prescribed
vorhanden *adj.* existing; **vorhanden sein** be extant, be present, be at hand
das **Vorhandensein** presence, existence
vorher *adv.* before
vorhergehend *adj.* preceding
vorherrschend *adj.* prevailing
vorhistorisch *adj.* prehistoric
vorig *adj.* last, previous
die **Vorkehrung** precautionary measure
vorkommen *str.* occur, be found; encounter; appear

das **Vorkommen** existence, appearance
das **Vorkommnis** occurrence
der **Vorläufer** precursor
die **Vorlesung** lecture
vorliegen *str.* be in evidence
vorn *adv.* in front
vornehmen *str.* undertake, make
vornehmlich *adv.* principally
der **Vorrat** supply, provisions
das **Vorrecht** prerogative
die **Vorrichtung** contrivance, device
der **Vorschlag** proposal
vorschlagen *str.* propose
vorschreiben *str.* prescribe
vorschreiten *str.* advance, make progress
das **Vorschreiten** advance, progress
die **Vorsicht** caution
vorsichtig *adj.* cautious, guarded
vorspringen *str.* project
der **Vorsprung** start
vorstellen *w.* represent; *refl.* imagine
die **Vorstellung** notion, conception
der **Vorteil** advantage
der **Vortrag** lecture, presentation
vortragen *str.* report, present
vorübergehen *irr.* pass by
vorübergehend *adv.* for a time, as transitory creations, temporarily
das **Vorurteil** prejudice
vorwaltend *adj.* predominating, prevailing
vórwärts *adv.* forward, onward, to the front
vorweg *adv.* beforehand
vorweltlich *adj.* primeval, antediluvian
vorwiegend *adj.* predominating, prevailing
vorzaubern *w.* conjure up before
vorziehen *str.* prefer
der **Vorzug** advantage, superiority
vorzüglich *adv.* by preference, chiefly, principally
vorzugsweise *adv.* by preference, chiefly, principally
der **Vulkanherd** hearth of a volcano

W

die **Wa(a)re** goods, merchandise
der **Wa(a)rentransport** transmission of goods
das **Wachs** wax
wachsen *str.* grow, increase
das **Wachstum** growth
die **Waffenschaffung** making of weapons
wägbar *adj.* weighable
der **Wagen** wagon
der **Wagenzug** train of carriages (wagons, cars)
wählen *w.* choose, select; vote
die **Wahlverwandtschaft** elective affinity
wahr *adj.* true; **Wahres** truth
während *conj.* while; *prep. with gen.* during
wahrgenommen *adj.* perceived, observed
wahrnehmbar *adj.* perceptible
wahrnehmen *str.* perceive
die **Wahrnehmung** perception, observation
wahrscheinlich *adj.* probable

die **Wahrscheinlichkeit** probability
der **Wald** wood, forest
die **Walkerei** fulling (milling) of cloth etc.
wallen *w.* undulate
waltend *adj.* ruling, prevailing
wälzen *w.* roll
die **Wand** wall, partition, coat, lining
wandeln *w. refl.* change
wandernd *adj.* wandering, nomadic; **der Wandernde** wanderer, wayfarer
die **Wandlung** variation, transformation
die **Wandstärke** strength of the wall (partition)
die **Wandung** wall, partition, coat, lining
die **Ware** *see* **Wa(a)re**
wäre *see* **sein**
warm *adj.* warm
die **Wärme** warmth, heat
die **Wärmeabgabe** loss of heat
der **Wärmeeffekt** effect of heat
die **Wärmeeinheit** unit of heat
die **Wärmeentwickelung** development of heat
der **Wärmegrad** degree of heat
die **Wärmelehre** theory of heat
der **Wärmeleiter** conductor of heat
die **Wärmemenge** amount of heat
der **Wärmemotor** caloric engine
die **Wärmequelle** source of heat
das **Wärmereservoir** heat reservoir
der **Wärmestoff** caloric
das **Wärmeverhältnis** proportion (condition) of heat
der **Wärmevorgang** heat process
die **Wärmezuführung** supply of heat
warten *w.* wait
warum *adv. and conj.* why, wherefore
was *rel. and interrog. pron.* what, that
das **Wasser** water
die **Wasseransammlung** collection (accumulation) of water
der **Wasserbedarf** supply of water
der **Wasserdampf** aqueous vapor, steam
der **Wasserdruckmotor** hydrostatic-pressure motor
die **Wassereruption** water eruption
der **Wasserfall** waterfall, cataract
die **Wasserfontaine** fountain
wasserfrei *adj.* anhydrous
wasserhaltig *adj.* hydrous
die **Wasserhebung** lifting of water, hydraulics
wäss(e)rig *adj.* aqueous, watery
die **Wasserkraft** water power
die **Wassermarke** (high) watermark
die **Wassermaschine** hydraulic engine
die **Wassermasse** volume of water
die **Wassermenge** quantity of water
das **Wasserrad** water wheel
der **Wasserraum** water reservoir
das **Wasserrohr** water pipe
der **Wassersee** (water) lake
der **Wasserstoff** hydrogen
das **Wasserstoffgas** hydrogen
der **Wasserstrahl** jet of water
die **Wasserstraße** waterway
das **Wasserteilchen** aqueous particle, molecule of water

die **Wasserversorgung** water supply, waterworks
die **Wasserwüste** watery waste
wäßrig *see* **wäss(e)rig**
das **Webereiprodukt** production of cloth (woven material)
das **Weberschiffchen** (weaving) shuttle
der **Wechsel** change, alteration
die **Wechselbeziehung** correlation
wechselnd *adj.* changing
die **Wechselwirkung** reciprocal effect
weder *conj.* neither
weg *adv.* away
der **Weg** way, road, path; method
der **Wegemesser** odometer
wegen *prep. with gen.* on account of
wegführen *w.* carry away
weggespült *adj.* washed away
wegschwemmen *w.* wash away
der **Wegweiser** guide, signboard
wegwischen *w.* wipe off
wehend *adj.* waving, fluttering
weich *adj.* soft
weichen *str.* recede, withdraw
weil *conj.* because (*not* while)
der **Wein** wine
der **Weingeist** alcohol
der (das) **Weingeistthermometer** alcohol thermometer
weingelb *adj.* of a yellowish color like white wine
die **Weise** manner, way, method
weisen *str.* point
weiß *see* **wissen**
weiß *adj.* white
weißglühend *adj.* white-hot, incandescent
weit *adj.* wide, large, extended; **bei weitem** by far; **ohne weiteres** without further thought; *adv.* far; *comp.* farther, more
weitaus *adv.* by far
die **Weite** width
weiterarbeiten *w.* continue to work
die **Weiterbewegung** further motion
die **Weiterentwickelung** further development
weiterfließen *str.* flow on
weitgehend *adj.* far-reaching
weithin *adv.* far and wide
welch *rel. and interrog. pron.* who, which, what
die **Welle** shaft; wave
wellenartig *adj.* undulatory
die **Wellenbewegung** undulatory motion
wellenförmig *adj.* undulatory
der **Wellenschlag** beating (succession) of the waves
die **Wellentheorie** undulatory theory
die **Welt** world; **alle Welt** everybody
weltberühmt *adj.* world-renowned
die **Weltbörse** international stock exchange
die **Weltgegend** region of the world, quarter of the globe
der **Welthandel** international trade
der **Welthorizont** horizon encompassing the world
der **Weltkörper** celestial body
der **Weltmarkt** world market, international trade
das **Weltmeer** ocean
der **Weltraum** universal space
der **Weltreisende** traveler round the world

der **Weltteil** continent
der **Weltverkehr** world-wide traffic
die **Weltwirtschaft** world-wide traffic
wenden *irr.* turn
der **Wendepunkt** turning point
wenig *adj.* little; *pl.* few; *comp.* **weniger** less
wenigstens *adv.* at least
wenn *conj.* if; **wenn . . . auch** *or* **wenn . . . schon** although
werden *irr.* become, grow, get, come into existence; **werden zu** be changed to
werfen *str.* throw; *refl.* dart
der **Werkmeister** foreman
die **Werkstatt** workshop
die **Werkstätte** workshop
das **Werkzeug** instrument, tool
die **Werkzeugindustrie** tool (mechanic) industry
die **Werkzeugschaffung** making of tools
der **Wert** value
die **Wertigkeit** valence, quantivalence, atomicity
wertvoll *adj.* valuable
die **Wertvorstellung** notion (idea) of values
das **Wesen** being, essence, nature; **im Wesen** essentially
wesentlich *adj.* essential
weshalb *adv.* wherefore, and that is why
der **Westen** west
westlich *adj.* western
der **Wetterstrahl** flash of lightning
die **Wetterwolke** thundercloud
der **Wettkampf** contest
der **Wettlauf** race, rivalry
wich *see* **weichen**
wichtig *adj.* important
die **Wichtigkeit** importance
widerlegen *w.* refute, dispute
der **Widerspruch** contradiction, opposition
der **Widerstand** resistance
die **Widerstandsfähigkeit** capacity of resistance
widerstandskräftig *adj.* resisting
wie *adv. and conj.* how, as, like
wieder *adv.* again
das **Wiedererwachen** reawakening, renaissance
die **Wiedergeburt** regeneration
wiederholen *w.* repeat
wiederholend *adj.* repeated
wiederholt *adj.* repeated; **zu wiederholten Malen** repeatedly
die **Wiederkehr** recurrence
wiederkehren *w.* return, recur
wiederum *adv.* again
wiegen *str.* weigh
die **Wiese** meadow
wiesen *see* **weisen**
wieso *adv.* how so, how is that
wieviel *adj.* how much, how many
wild *adj.* wild
der **Wille(n)** will, will power
willkommen *adj.* welcome, opportune
winden *str.* wrest
die **Windmaschine** machine (apparatus) worked by the wind
die **Windung** sinuous line
der **Winkel** angle, corner (of the eye)
winnen *str.* win, obtain, gain
die **Winterkälte** cold of winter
winzig *adj.* very small, tiny, little bit of

der **Wirbel** whirlwind
wirken *w.* act, effect; **wirken . . . mit** *see* **mitwirken**
das **Wirken** action, effect
wirkend *adj.* acting, operative
wirklich *adj.* real
die **Wirklichkeit** reality, actuality
wirksam *adj.* effective
die **Wirkung** action, effect
die **Wirkungsweise** mode of action (operation)
die **Wirtschaft** domestic management, technical industry
wirtschaftlich *adj.* economic
die **Wirtschaftsführung** domestic (economic) management, technical industry
das **Wirtschaftsgebiet** domain of economics
das **Wirtschaftsleben** economic life
die **Wirtschaftswelt** world of economic affairs
der (das) **Wismut** bismuth
wissen *irr.* know
das **Wissen** knowledge
die **Wissenschaft** science
wissenschaftlich *adj.* scientific
der **Wissenszweig** branch of science
wo *adv.* where, when
wobei *adv.* whereby, a cause by which
wochenlang *adj.* lasting for weeks
wodurch *adv.* whereby
wofür *adv.* for which (fact)
wog *see* **wiegen**
wöge *see* **wiegen**
wogegen *adv.* where (when) on the other hand
wogen *w.* heave, wave to and fro
das **Wogen** waving, fluctuation
wogend *adj.* waving
woher *adv.* whence, from what source
wohin *adv.* whither, to what place, wheresoever
wohl *adv.* well, surely, presumably
das **Wohlbefinden** well-being, good health
wohlfeil *adj.* inexpensive
das **Wohlgefallen** liking; **Wohlgefallen finden** take pleasure
wohlhabend *adj.* wealthy, well-to-do; **die Wohlhabenden** well-to-do people
der **Wohlstand** wealth
der **Wohnende** tenant, person dwelling in
das **Wohnhaus** dwelling house
die **Wohnung** dwelling, home
die **Wohnungsstätte** dwelling, home
das **Wohnungswesen** housing conditions
wölben *w.* arch
die **Wölbung** curvature, vaulted arch, arching
die **Wolke** cloud
die **Wolkenelectricität** cloud electricity
die **Wolkenkrone** crown of clouds
die **Wolkenmasse** mass of clouds
die **Wolkenpartien** *pl.* parts of clouds
die **Wolkenschicht** bank of clouds
die **Wolle** wool
wollen *modal aux.* will, be willing; *for an idiomatic use cf. note to page* **42** I; *for infinitive used instead of past participle cf. note to page* **14** I

womöglich *adv.* if possible
worauf *adv.* whereupon
woraus *adv.* whereof, out of what, from what
worin *adv.* in what
das **Wort** word
worüber *adv.* about what, concerning which
wozu *adv.* wherefore, for which purpose; to which
wuchs *see* **wachsen**
das **Wunder** wonder; **Wunder nehmen** surprise
wunderbar *adj.* wonderful
wundern *w. refl.* be astonished
wundervoll *adj.* wonderful
würdig *adj.* worthy, dignified
die **Würdigung** appreciation
wüst *adj.* waste, without form
die **Wut** fury
wüten *w.* rage

Z

zäh(e) *adj.* tough, tenacious
die **Zahl** number
zahlen *w.* pay
zählen *w.* count (in); **zählen zu** include among
die **Zahlenberechnung** arithmetical calculation
das **Zahlensystem** numerical system
zahllos *adj.* innumerable
zahlreich *adj.* numerous; *adv.* in great numbers
der **Zahn** tooth
zart *adj.* tender
z. B. = **zum Beispiel** for example
zehntausendmal *adv.* ten thousand times
das **Zeichen** sign, symbol
die **Zeichnung** drawing, design, picture
zeigen *w. trans.* show; *intr.* point
die **Zeit** time
das **Zeitalter** age, era
der **Zeitgenosse** contemporary
zeitig *adv.* at an early time
zeitlich *adj.* temporal, as to time
der **Zeitraum** space of time, interval, period
die **Zeitrechnung** chronology
zeitweilig *adj.* temporary
die **Zelle** cell
zellig *adj.* cellular
zerbersten *str.* burst asunder
zerbrechen *str.* break in pieces
zerdrücken *w.* crush
zerfallen *str.* fall to pieces, crumble away
zerlegen *w.* take apart, divide; *refl.* split up, dissolve, be divided
die **Zerlegung** disintegration, decomposition
zermalmen *w.* pound, grind (to powder)
zerreiben *str.* grind to powder
zerreißen *str.* tear asunder, break to pieces
das **Zerreißen** rending, disruption
die **Zerreißung** rending, disruption
zerschlagen *str.* dash to pieces, smash up
zersetzen *w.* decompose
zersetzend *adv.* in a disintegrating manner
die **Zersetzung** decomposition, dissolution, disintegration
die **Zersplitterung** splintering
zersprengt *adj.* blasted, ground

zerstören *w.* destroy
zerstörend *adj.* destructive
die **Zerstörung** destruction
zerteilen *w.* divide, separate, split up
die **Zertrümmerung** wreckage, destruction
ziehen *str.* move, draw, pull; travel; infer; **an sich ziehen** attract
die **Ziehung** drawing, pulling
das **Ziel** aim, purpose, goal
ziemlich *adj.* quite a long (time); *adv.* fairly, tolerably
der **Zierat** ornament
das **Zimmer** room
zimmern *w.* frame
das **Zink** zinc
der **Zinkdraht** zinc wire
der **Zinkstab** zinc blade (rod)
der **Zinkstreifen** zinc blade (rod)
das **Zinn** tin
das **Zischen** hissing, whizzing
zischend *adj.* hissing
die **Zisterne (Cisterne)** cistern
das **Zitat (Citat)** citation
zittern *w.* tremble
zogen . . . vor *see* **vorziehen**
zu *prep. with dat.* to, for; *for its use with a future passive participle, as* **zu machend** to be made, *cf. note to page* **40** 1; *for* **zu** *with an infinitive cf. note to page* **11** 6; *adv.* too; (*after a noun*) towards
die **Zubereitung** preparation, cooking
das **Züchtigungsmittel** means of chastising
zucken *w.* flash
der **Zucker** sugar
die **Zuckerdose** sugar box (bowl)
die **Zuckerfabrik** sugar refinery
das **Zuckerwasser** sugared water
die **Zuckung** convulsion; fluctuation
zudrehen *w. refl.* be closed by turning, be shut off
zuerst *adv.* first
zufällig *adj.* incidental; *adv.* incidentally, by chance
zufolge *prep. with gen. or dat.* (*often after the noun*) in consequence of
die **Zufriedenheit** satisfaction
die **Zufuhr** supply
der **Zug** line
zugänglich *adj.* accessible
zugekehrt *adj.* turned towards, directed to
zugerichtet *adj.* turned towards, directed to
zugespitzt *adj.* pointed
zugestehen *irr.* admit
zugethan *adj.* attached, devoted
zugewandt *adj.* turned towards, directed to
zugewiesen *see* **zuweisen**
die **Zugkraft** traction power
zugleich *adv.* at the same time
die **Zugmaschine** traction engine, locomotive
das **Zugmittel** means (method) of drawing
die **Zukunft** future
zulassen *str.* admit, permit
die **Zuleitung** conduction
zuletzt *adv.* finally
zum = zu dem
zumal *adv.* especially
zumeist *adv.* mostly
zumuten *w.* (*with dat.*) expect (from)
zunächst *adv.* first, nearest
zündend *adj.* inflammatory, igniting

zunehmen *str.* increase
zuneigen *w.* (*with dat.*) incline toward
zur = **zu der**
zurechtfinden *str. refl.* find (see) one's way
zureichen *w.* be sufficient
zurichten *w. refl.* turn
zurück *adv.* back, backwards, behind
zurückbleiben *str.* remain behind, be left
zurückblicken *w.* look back
zurückeilen *w.* hasten back
zurückführen *w.* trace back
zurückgeblieben *adj.* remaining
zurückgehalten *adj.* retained
zurückgehen *irr.* extend back; return
zurückgezogen *see* **zurückziehen**
zurückhalten *str.* retain
zurückkehren *w.* go back to, assume again
zurückkommen *str.* come back
zurücklassen *str.* leave behind
zurücklegen *w.* travel
zurückliegend *adj.* remote, belonging to the past
zurückstehend *adj.* standing back; **zurückstehend hinter** being inferior
zurückstoßen *str.* thrust back, repel
zurückströmen *w.* flow (stream) back
zurückziehen *str.* withdraw
zusammen *adv.* together
zusammenballen *w. refl.* conglomerate
zusammenbiegen *str.* bend up
das **Zusammenbrechen** breakdown, collapse
zusammenfallen *str.* coincide
zusammenfassen *w.* comprise, embrace
zusammenführen *w.* bring together
zusammengesetzt *adj.* composite
der **Zusammenhang** connection
zusammenhängen *w.* be connected, be continuous
zusammenhängend *adj.* connected; **zusammenhängend mit** in connection with
zusammenlaufen *str.* converge
das **Zusammenleben** living together, companionship
zusammenlöten *w.* solder
zusammenpressen *w.* press together, compress
zusammenschrumpfen *w.* shrink (shrivel) up
zusammensetzen *w.* compose, compound, combine; construct; *refl.* be constructed
die **Zusammensetzung** composition
zusammenstellen *w.* put together
die **Zusammenstellung** classification
zusammenstürzen *w.* collapse, fall to pieces
zusammentragen *str.* compile, pile up
das **Zusammentreffen** meeting, collision
das **Zusammentreten** union, meeting, combination
die **Zusammenwirkung** coöperation
zusammenziehen *str. refl.* contract
die **Zusammenziehung** contraction
zusammenzucken *w.* move convulsively, quiver

zuschreiben *str.* ascribe
zuschütten *w.* fill up
zusehen *str.* look on, observe
der **Zustand** condition, position, state
zustande kommen *str.* take place
zustehen *irr.* belong
zustreben *w.* strive for
das **Zuströmen** influx
die **Zutat** trimmings, addition
zuteil werden *irr.* become a part of, be added to
zutretend *adj.* entering
zuvor *adv.* before
zuweilen *adv.* at times, sometimes
zuweisen *str.* assign
zuwenden *irr.* turn, direct
der **Zwang** compulsion, restraint
zwangläufig *adj.* coercively running
die **zwanziger Jahre** the twenties
zwar *adv.* indeed, to be sure
der **Zweck** purpose
zweckentsprechend *adj.* suitable
zweckmäßig *adj.* suitable, appropriate
zwei *num.* two
zweierlei *adj.* two kinds of
zweifach *adj.* twofold, double
der **Zweifel** doubt
der **Zweig** branch
zweihundertfach *adv.* two hundred times as much as
zweimal *adv.* twice
zweit *adj.* second
das **Zwerchfell** diaphragm
zwiefach *adj.* twofold, double
die **Zwiespältigkeit** discordance
zwingen *str.* compel
zwingend *adj.* coercive
zwischen *prep. with dat.* between, among
der **Zwischenraum** intervening space, interval
das **Zwischenreservoir** intermediate reservoir
die **Zwischenwand** intervening partition (lining)
der **Zwischenzustand** intermediate state
zwölf *num.* twelve
das **Zwölftel** twelfth (part)
der **Zylinder** (**Cylinder**) cylinder